

(51)Int.Cl.⁸

B 0 1 J 19/00

識別記号

F I

B 0 1 J 19/00

N

審査請求 未請求 請求項の数5 F D (全 24 頁)

(21)出願番号 特願平10-228624

(22)出願日 平成10年(1998)7月29日

(31)優先権主張番号 特願平9-216990

(32)優先日 平9(1997)7月29日

(33)優先権主張国 日本 (J P)

(71)出願人 593002090

エスケーエイ株式会社

東京都墨田区菊川2丁目5番12号

(72)発明者 深町 進平

東京都墨田区菊川2丁目5番12号 エスケー

ーエイ株式会社内

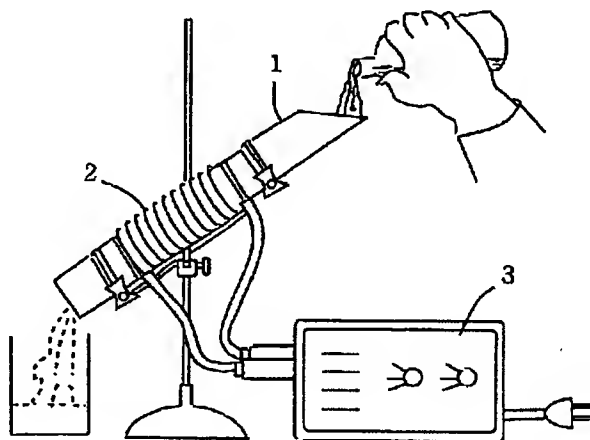
(74)代理人 弁理士 松永 孝義

(54)【発明の名称】 微粒子の製造方法と装置

(57)【要約】

【課題】 簡単な方法で、かつ低コストで微粒子を製造する（スケールを除去する）方法と装置を提供すること。

【解決手段】 上水、水溶液または水懸濁液の流路系に設けたコイルに20Hz～1MHzの周波数を時間の経過と共に変化した方形波の交流電流を流して、渦電流と磁場を形成させて水溶液または水懸濁液中の微粒子生成用原料から微粒子を生成させる。このとき、微粒子生成用原料がスケールであると、微粒子化により付着壁面から剥離する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 コイルに20Hz～1MHzの帯域で周波数が時間的に変化する方形波の交流電流を流し、コイルに流れる電流により誘起される電磁界により水溶液または水懸濁液中の微粒子生成用原料から微粒子を生成させることを特徴とする微粒子の製造方法。

【請求項2】 コイルに20Hz～1MHzの帯域で周波数が時間的に変化する方形波の交流電流を流し、コイル内の電流により誘起される電磁界により予め水を処理し、当該処理済みの水を微粒子生成用原料または当該微粒子生成用原料を含む水溶液または水懸濁液に加えて微粒子を生成させることを特徴とする微粒子の製造方法。

【請求項3】 水、微粒子生成用原料を含む水溶液または水懸濁液を流す流路と、

20Hz～1MHzの帯域で周波数が時間的に変化する方形波の交流電流を流す前記流路に巻き付けられたコイルと、

当該コイル内に前記電流を流すための制御系統を備えた電源装置とを備えたことを特徴とする微粒子の製造装置。

【請求項4】 コイルに20Hz～1MHzの帯域で周波数が時間的に変化する方形波の交流電流を流し、コイル内の電流により誘起される電磁界により予め水を処理し、当該処理済みの水をスケール生成用原料を含む水溶液または水懸濁液に混合し、当該混合液から析出して前記液に接する部材または当該液を収納する貯留装置の壁面にスケールが付着することを防止または前記壁面に付着したスケールを剥離することを特徴とするスケール除去方法。

【請求項5】 水を流す流路と、20Hz～1MHzの帯域で周波数が時間的に変化する方形波の交流電流を流す前記流路に巻き付けられたコイルと、

当該コイル内に前記電流を流すための制御系統を備えた電源装置と、

前記流路を出た電磁界処理水をスケール形成用原料または当該原料を含む液に接する部材または当該液を収納する貯留装置へ供給する装置とを備えたことを特徴とするスケール除去装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、微粒子の製造方法または装置あるいは水溶液または水懸濁液から微粒子を析出させる方法および装置、スケール生成用原料を含む水溶液または水懸濁液からのスケール除去方法と装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来から微粒子の製造方法としては、物理的に固形物を粉砕し、さらにこの粉砕された固形物をさらに物理的に粉砕することで、径がミクロンメートル単位の微粒子を製造していた。

【0003】 また、各種産業分野で、水、水溶液または水懸濁液を用いる部材または装置において、長い使用期間の間に前記部材または装置の壁面などにスケールなどが付着することまたは目詰まりすることで、前記部材または装置の性能が劣化することは避けられなかった。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、前記物理的処理法は各種プラントの配管などの内部に処理設備を取り付けるインラインタイプであり、これらの装置を取付する時の費用や維持に多大の出費がかかり、また、その処理効果にも多くは期待できないことが多かった。

【0005】 そこで、本発明の課題は、簡単な方法で、かつ低コストで微粒子を製造する方法と装置を提供することである。

【0006】 また、水、水溶液または水懸濁液に接する部材または当該液を収納する貯留装置において、長い使用期間の間に前記部材または装置の壁面などに付着したスケールなどを取り除くためには、定期的に当該部材を取り出し、または装置の運転を中止して、スケール、目詰まりなどの除去作業をする必要があり、当該部材の取り出し、または装置の運転中止により時間的ロスだけでなく、目的とする作業中止に伴う各種のロスが発生し、さらに清掃作業のためのコストなどが必要であった。

【0007】 本発明の課題は、簡単な方法で、かつ低コストでスケールを除去する方法と装置を提供することである。

【0008】

【課題を解決するための手段】 本発明の上記微粒子製造のための課題は次の構成によって解決される。

(1) 水溶液または水懸濁液の流路系に設けたコイルに20Hz～1MHzの周波数を時間の経過と共に変化した方形波の交流電流を流して、渦電流と磁場を形成させて、水溶液または水懸濁液中の微粒子生成用原料から微粒子を生成させる微粒子の製造方法。

(2) コイルに20Hz～1MHzの帯域で周波数が時間的に変化する方形波の交流電流を流し、コイル内の電流により誘起される電磁界により予め水を処理し、当該処理済みの水を微粒子生成用原料または当該微粒子生成用原料を含む水溶液または水懸濁液に加えて微粒子を生成させる微粒子の製造方法。

【0009】 (3) 水、微粒子生成用原料を含む水溶液または水懸濁液を流す流路と、20Hz～1MHzの帯域で周波数が時間的に変化する方形波の交流電流を流す前記流路に巻き付けられたコイルと、該コイル内に前記電流を流すための制御系統を備えた電源装置とを備えた微粒子の製造装置。本発明のスケール除去のための課題は次の構成により解決される。

(4) コイルに20Hz～1MHzの帯域で周波数が時間的に変化する方形波の交流電流を流し、コイル内の電流により誘起される電磁界により予め水を処理し、当該

処理済みの水をスケール生成用原料を含む水溶液または水懸濁液と混合し、当該混合液から析出して前記液に接する部材または当該液を収納する貯留装置の壁面にスケールが付着することを防止または前記壁面に付着したスケールを剥離するスケール除去方法。

(5) 水を流す流路と、20Hz～1MHzの帯域で周波数が時間的に変化する方形波の交流電流を流す前記流路に巻き付けられたコイルと、当該コイル内に前記電流を流すための制御系統を備えた電源装置と、前記流路を出た電磁界処理水をスケール形成用原料または当該原料を含む液に接する部材または当該液を収納する貯留装置へ供給する装置とを備えたスケール除去装置。

【0010】本発明で言う微粒子とは球形、方形に限らず、その径が、例えば50 μ m以下の結晶を含む粒子を言う。また、微粒子状にしたスケールを配管などから流下しやすくするためには、20 μ m以下の粒径の結晶を含む粒子とすることが望ましい。

【0011】具体的には、例えば図1のラボテスト用の装置に示すように液体移送配管1に設けたコイル2に20～1MHzの帯域で、周波数を時間的に変化した方形波の交流電流を流す。前記周波数帯域は電離したイオンの追従性が高い500～5000Hzとすること望ましい。

【0012】電源装置3からは上記コイル2に20～1MHzの間の帯域で、例えば500、5,000及び2,500Hzなどの周波数で、それぞれ2m秒間、0.2m秒間、0.4m秒の間、印加する。電流値は液体移送配管1の配管径、その他の因子により0.05～10Aの間の特定の電流を流す。電圧は商用電源の100または200Vが一般的ある。

【0013】また、図1に示す液体移送配管(金属管、ガラス管、樹脂管など)1内部には図2に示すような渦電流と磁場が形成される。図2(a)に示す時間の経過と共に高周波から低周波にわたる広範囲の周波数に変化した方形の交流電流を配管1内部の上水(水道水)、水溶液または水懸濁液などに与える。この配管1内の渦電流の波形モデルを図2(b)に示し、該渦電流により形成される磁場モデルを図2(c)に示す。

【0014】本発明の方形の交流電流は、高周波から低周波にわたる広範囲にランダムに周波数を時間の経過と共に変化させることが特徴の一つであるが、微粒子の種類によりその値は異なり、電流値0.1～10Aの範囲で行う。

【0015】本発明によるコイルに20～1MHzの帯域で、周波数を時間的に変化した方形波交流電流が水中(上水、水溶液または水懸濁液)に与える電子エネルギー及び磁場により、図3に示すように、水中の塩類のイオン化を促す。図3では縦軸を導電率比として表しているが初期値と比べ増加している。

【0016】曲線aは前記方形波電流の印加を続けると

導電率が増加しており、これは水中塩類がイオン化しているか、または溶解性塩類のそのイオン強度を増加しているためと考えられる。また前記方形波電流の印加を解除すると、曲線bに示すように導電率が低下している。曲線cは水中に方形波電流の印加をしていない場合の導電率比に比べて低下している領域があるが、これは、この間に前記水中の塩類のイオン化物質が結晶化して微粒子となるものと考えられる。

【0017】このように、水中の塩類のイオン強度の増大及び局所的なイオン濃縮部の形成によって飽和条件及びその他イオン結合が満たされる場合、結晶という形で水に対して不溶解性物質を生成するものと考えられる。

【0018】非常にイオン結合性の強い条件で結晶化粒子は表面電荷的に中性となり、球体状の小粒子の結晶を形成する。結晶化粒子の表面電荷の偏りが大きい程、結晶体の大きさは小さく、集合性も弱い。図4に本発明の処理をしない場合(図4(a)、(b))と処理をした場合(図4(c)、(d))の水中の塩類のイオン化の過程とその結合による結晶化の過程のモデルをそれぞれ示す。

【0019】液体移送配管1に巻き付けたコイル2を流れる電流は方形波であって、電流の方向が毎秒数百から数千の割合で瞬時に変化するため、磁界の方向も瞬時に変換し、その結果、液体移送配管1内に大きな電磁界力が生じて配管1内を流れる液中の正負イオン溶質に強く働きかける。このように、大きな電磁界力を受けた正負イオン溶質は、液体中に存在する金属微粒子を核として積極的に結晶化される。この液体中での積極的な結晶化により、液体移送配管1の壁面内でのスケールの生成が回避される。

【0020】ところで、結晶を構成する正負のイオン溶質や金属微粒子や結晶分子等は、一般に固有の振動数を有する。この固有振動数は、液体の粘度・圧力・温度・濃度等の影響により変化する。

【0021】そこで、上記方形波電流の周波数を所定の帯域で変調(時間の経過と共に周波数を変える)させると、上記固有振動数と一致する周波数のところで共振が生じる。共振を受けた結晶は、その強い微震動パワーにより小粒子になる。このように、周波数変調を行うことにより、流体の流速や粘度・圧力・温度・濃度等の影響に左右されることなく、安定した小粒子の結晶を得ることができる。また、結晶の粒子径は、電流の強さや流す時間等を変えることによりコントロールすることが可能である。

【0022】次に本発明による微粒子(球体小粒子結晶)の製造方法の実例について述べる。

(方法1) 液体移送配管に巻設したコイルに20～1MHzの帯域で、周波数を時間的に変化した方形波電流を流す。

【0023】このときの微粒子の生成条件は、陽イオ

ン、陰イオン濃度及び溶解度積、生成粒子数〜結晶子表面積、液のpH、温度などに影響され、また電磁界処理条件は、液の流速、電流値、処理回数などにより異なる。

【0024】水（上水、水溶液または水懸濁液）の液体移送配管1内の液体に与えられるエネルギーは磁界を通過する液体の流速に比例する。

【0025】水中内での水及び塩類のイオンの分極効果は管壁に形成される境膜の厚さに依存する。水（上水、水溶液または水懸濁液）が液体移送配管1内を低速で流れると、前記境膜が厚くなり、イオンの移動が阻害され、高速過ぎると前記境膜が破壊され、イオンの分極性が失われるしたがって液体移送配管1内の乱流条件（高流速時）では微粒子生成効果が低下する。

【0026】したがって、微粒子生成率は渦電流（出力電流）に依存するが、水（上水、水溶液または水懸濁液）の液体移送配管1内の流速は0.3〜10m/秒とすることが望ましい。

【0027】電磁界処理回数とは、渦電流（出力電流）が印加される領域に水（上水、水溶液または水懸濁液）を通す回数のことであるが、処理回数を上げることにより生成粒子の微粒子（球体小粒子、または結晶など）化が促進される。したがって、前記処理回数は多いほど良いが、求める微粒子化の程度とコストとの兼ね合いからそれぞれ適切な処理回数が求められる。

【0028】（方法2）20〜1MHzの帯域で、周波数を時間的に変化させた方形波の交流電流を液体流路（液体移送配管）に巻設したコイルに流しながら、当該液体移送配管を通過させて得た電磁界処理済みの上水（処理水）に微粒子生成用の原料と混合して微粒子を製造する。

【0029】上水（水道水）に予め与えた渦電流と磁場の効果は、上水に対して次のような影響を与えているものと考えられる。

【0030】すなわち、磁気エネルギーによる水分子及び微粒子（結晶粒子）への影響として、水分子への分極効果を与え、H-O-H結合の成す角度が $104^{\circ}27'$ より大きくなり、双極子モーメントが大きくなる。このため、水の表面張力が下がり、水の透過性が増す（固体、気体に対する水の親和性が増加する）。

【0031】また、水分子が次の反応式に従ってイオン化されて被処理用の微粒子生成原料である物質から得られる陽イオン成分の水和力が増大し、電解質の溶解量が増し、導電率が増加する。この導電率の増加で、粒子が生成し、スケールの場合はそれが微粒子化して管壁から分離する。

【0032】また、本発明の電磁界を印加する方法で、粒子表面の電位（ゼータ電位）が下がることにより粒子相互の反発性が大きくなるだけでなく、当該粒子とその他の物質（気体、液体、固体）との境界部分での反発性

も増大する。そのため水（上水、水溶液、水懸濁液）に接する部材、または水の貯留装置の界面、例えば貯留液面と装置壁面の接触部分での微粒子の集積が無くなり、この界面部分でのスケール付着の防止、スケールの除去が行われる。

【0033】なお、後述するようにFe系スケール試料を用いて、電解処理のみを行ったが、一部粒子の分散性は認められるが、界面付近は逆に集合性を示したのに対して、本発明の処理は、粒子の分散性及び界面付近での反発性が見られる点で異なっていることが分かる。

【0034】また、固体と液体と気体のそれぞれのいずれか2つの相の界面付近における微粒子の反発力に加えて、得られた微粒子が球形になることにより、例えば装置壁面に形成されやすいスケール成分（固体が主成分）が付着され難くなり、また付着しているスケールは剥離しやすくなるものと考えられる。

【0035】本発明の微粒子（球体小粒子、結晶などを含む）製造技術はスケール付着防止と付着スケールの除去技術に適用することができる。

【0036】酸化鉄などの金属酸化物、水酸化物、炭酸塩、硫酸塩、リン酸塩、塩化物、硫化物など、またはカルシウム、マグネシウム、ケイ素、マンガン、アルミニウム、ナトリウム、亜鉛などの化合物に代表される無機化合物からなるスケールが管壁、各種装置壁面に付着することを防止し、前記壁面に付着したスケールの除去することに効果がある。

【0037】また、上記スケールとして前記無機化合物のスケールにさらに付着性を有する物質を含むスケールも、本発明の処理で共に除去される。

【0038】水中（上水、水溶液または水懸濁液）に含まれるカルシウム成分やマグネシウム成分、ケイ素成分などの無機化合物またはこれらのイオン成分が流体移送用の鉄製などの金属製などの配管、各種用途に用いられる上水、水溶液または水懸濁液を貯留する金属製などの装置の壁面に析出するスケール、または流体移送用配管、上水、水溶液または水懸濁液の金属製などの貯留装置の壁面から溶出する酸化鉄などを成分とするスケールの発生防止及び一旦析出した前記スケールの除去に効果がある。

【0039】これは本発明の処理により、前記無機化合物の微粒子（球体小粒子結晶など）の生成が促進され、微粒子であるために粒子の分散性が高まり、前記管壁などへの付着を防止することができるものと考えられる。

【0040】また、一旦生成したスケールが剥離しやすくなるためであると考えられる。一旦管壁などに付着したスケールの除去は、水分子の分極化によりスケール成分中の陽イオン成分の水和力が増し、電解質の溶解量が増加するためであると考えられる。一度、イオンとして溶解した電解質イオンは、スケールの凹凸表面の凹部に入り込み、局部的に、そのイオン濃度が高まり、再結合

して粒径の小さい球形の結晶を生じやすくなるものと考えられる。

【0041】なお、一般的に水は上記電磁界力を一定時間（約4日間）記憶する能力を有するので、上記コイル2（図1）を通過した液体移送配管1の部分においても小粒子の結晶化が行われる。従って、コイル2は配管1の上流側に設置すると効果的である。

【0042】本発明の方法により、次のような利点がある。

1）各種装置の上水、水溶液または水懸濁液などの移送用配管または上水、水溶液または水懸濁液などの貯留タンクを含むラインを止めずに、スケールの発生防止及びスケールの除去が行える。

2）前記移送用配管ではコイルを巻くことができるパイプ径4～2000mm程度のあらゆる材質の配管に適用可能であり、または前記液貯留タンクにコイルを巻くことができる径を有する部分があれば、コイルを巻いて、本発明の方形波の交流電流を流すことができるが、そのような構成を備えていない貯留装置では予め本発明の電磁界を印加した上水（水道水）を用いることで、スケールの発生防止及びスケールの除去が行える。

【0043】3）さらに、本発明の方形電流を流す方法は、当該方法を適用する装置の稼働中に行えるので液体移送用配管が熱交換器または冷却塔等である場合にはその熱移動効率の低下を防止できる。

4）したがって、液体移送用配管または液体貯留タンクの清掃等のメンテナンス費用が低減でき、また、メンテナンスのための停止期間を低減することができる。

【0044】本発明の処理により、例えば、球体小粒子化した結晶は、結晶体としての成長性を失い低流速部にヘドロ状として堆積する。粒子径の小さい程、次のストークス式も明らかなように、より低速条件で排出可能であることより、水洗浄程度での排出で充分である。

$$Vt = \{ (\rho_p - \rho) D_p^2 g \} / 18\mu$$

Vt ：沈降速度 ρ ：液体の速度

ρ_p ：固体の密度 D_p ：粒径

μ ：液体の粘度

【0045】このように、本発明の電磁界処理方法を用いることで、あらゆる産業または民生の分野において、水溶液または水懸濁液から、配管内壁面などにスケールが析出することを防止でき、また一旦析出したスケールの除去が可能となる。

【0046】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について図面を参照しながら説明する。図1にはラボテスト用の装置を示し、被処理液体を流す直径25mm、長さ300mmの塩化ビニール樹脂製の液体移送配管1はその周囲にコイル2が巻き付けられている。電源装置3からは上記コイル2に、500Hz～5000Hzの帯域で例えば500、5000及び2500Hzをそれぞれ2

mS、0.2mS、0.4mSの間、印加する。以下の実施例におけるコイル2に流す電流値は被処理液体を流す配管1の径、その他の因子により0.05～10Aの間の特定の電流を流した。電圧は商用電源の100または200Vが一般的である。

【0047】次に各産業分野における実施例について説明する。

実施例1

鹿島北共同火力発電所における硫酸製造ラインにおける硫酸ナトリウム回収用の150mm径の配管（ステンレススチールSUS316L）にコイルを巻き付けて、 Na_2SO_4 の微粒子の製造を行った。

【0048】ここで、 Na_2SO_4 水は Na_2SO_4 を5.5重量%含有し、その温度は60℃であり、前記配管に10m³/hの流速で循環流を形成しており、前記配管に巻き付けたコイルに0.01～1.0Aの電流を500～5000Hzの範囲で周波数を時間と経過と共にランダムに変化させて流した。したがって、配管内の Na_2SO_4 水には、繰り返し本発明の電磁界処理がなされている。

【0049】その結果、得られた Na_2SO_4 微粒子の微粒子の顕微鏡写真（100倍：1目盛15μm）を図5に示すが、直径約100μm程度の粒子の中に所々小径粒子が見られる。

【0050】また、得られた Na_2SO_4 微粒子の粒径と電流値との関係を図6に示すが、0.5～0.6A程度の電流値で粒径が約75μmの Na_2SO_4 微粒子が得られた。これ以上電流値を上げて、前記濃度の Na_2SO_4 水からは粒径約75μmより小さい Na_2SO_4 を得ることはできなかった。

【0051】また、こうして微粒子の Na_2SO_4 が得られるため、硫酸ナトリウム回収用配管には Na_2SO_4 を含むスケールの付着が生じなかった。また配管に付着していたスケールが剥離した。

【0052】実施例2

終末下水処理場の下水余剰汚泥を脱水機で処理する前の配管内の約88wt%有機分を含む汚泥に37wt%の FeCl_3 と10wt% $\text{Ca}(\text{OH})_2$ を加えて、得られたpH6.5～7.5、14～16℃の懸濁液（SS成分（懸濁浮遊物質）濃度9,000～10,000ppm）を流す汚泥配管に本発明のコイルを11回巻き付け、下記の条件で処理して得られた微粒子の性状と汚泥配管のスケールの付着状況を調べた。

配管径：150mm、

流量：60m³/h 流速：0.94m/s

電流値：0.1～0.4A（最小粒径製造時）

試験期間：約6ヶ月

【0053】得られた Na_2SO_4 微粒子の粒径と電流値との関係を図7に示すが、0.14～0.32A程度の電流値で約35μmの粒径汚泥粒子が10μm程度にな

った。これ以上電流値を上げても、前記濃度の汚泥水からは粒径約 $10\mu\text{m}$ より小さい汚泥粒子を得ることはできなかった。実機では 0.22A の電流値で処理を行った。

【0054】また、こうして微粒子の汚泥粒子が得られるため、配管にはスケールの付着が生じなかった。これを顕微鏡写真(1目盛が $15\mu\text{m}$)で示すと、図8

(a)に示すとおりであり、本発明の処理をしない対照装置の配管内のスケールの顕微鏡写真(図8(b))に比較して粒径が小さくなっていることが判明した。

冷却水 pH: 7~7.3、 温度: 45°C
 主成分(SiO_2)濃度: 80ppm 、SS濃度: 12ppm
 処理条件 処理回数: 3回/h、
 配管(亜鉛メッキ鋼管(SGP))径: 25mm
 流量: $3.0\text{m}^3/\text{h}$ 、 流速: 1.7m/s
 電流値: $0.01\sim 1.0\text{A}$

【0058】得られた SiO_2 微粒子の粒径と電流値との関係を図9に示すが、 $0.60\sim 0.95\text{A}$ 程度の電流値で本発明の処理をしていない未処理の約 $200\sim 300\mu\text{m}$ の粒径の SiO_2 微粒子が $20\sim 10\mu\text{m}$ 程度の粒子になった。これ以上電流値を上げても、前記濃度の汚泥水からは粒径約 $10\mu\text{m}$ より小さい汚泥粒子を得ることはできなかった。実機では 0.76A の電流値で処理を行った。

【0059】また、こうして SiO_2 微粒子が得られるため、配管にはスケールの付着が生じなかった。これを顕微鏡写真(1目盛が $15\mu\text{m}$)で示すと、図10

(a)に示すとおりであり、本発明の処理をしない対照装置の配管内のスケールの顕微鏡写真(図10(b))に比較して粒径が小さくなっていることが判明した。

本発明の処理をしていない冷却水中の単斜結晶の SiO

集塵水 pH: 7.9、 温度: 23°C
 主成分(SiO_2+Ca 成分、Fe粉など)濃度:
 Ca: 76ppm 、Fe: 9.1ppm 、 SiO_2 : 93ppm
 SS濃度: 14ppm 、
 導電率: $1100\mu\text{S/cm}$
 処理条件 処理回数: 1回
 配管(塩化ビニル樹脂(VP)管)径: 25mm
 流量: $1.1\text{m}^3/\text{h}$ 、 流速: 0.6m/s
 電流値: $0.01\sim 1.0\text{A}$

【0063】得られた微粒子の粒径と電流値との関係を図12に示すが、 $0.60\sim 0.8\text{A}$ 程度の電流値で本発明の処理をしていない未処理の約 $10\mu\text{m}$ の粒径の微粒子が $1\mu\text{m}$ 以下の粒子になった。これ以上電流値を上げても、粒径の小さい粒子を得ることはできなかった。

【0064】得られた微粒子の顕微鏡写真(1目盛が $3\mu\text{m}$)を示すと、図13(a)に示すとおりであり、本発明の処理をしない集塵水含有粒子の顕微鏡写真(図1

冷却水 pH: 8.1、 温度: 21°C
 主成分濃度(Cl^- : 17300ppm 、 SO_4^{2-} : 2700ppm 、全硬度 5500ppm)、

【0055】また、配管に既に硬化した状態で付着していたスケールが軟化して、その除去作業が従来に比して容易になった。

【0056】実施例3

ごみ焼却炉の炉壁の外部に設ける炉壁冷却用のウォータージャケットの冷却水の循環配管にコイルを巻き付け、本発明の処理を行った。

【0057】冷却水の性状と、処理条件は次のとおりである。

SiO_2 は本発明の処理により消滅し、粒径が小さくなっている。

【0060】実施例4

成分不明の温泉水(武雄温泉で採取)を図1に示す装置を用いて、前記ラボテスト方法に準じて実験を行った。

【0061】得られた微粒子の顕微鏡写真(1目盛が $7.5\mu\text{m}$)を示すと、図11(a)に示すとおりであり、本発明の処理をしない温泉水含有粒子の顕微鏡写真(図11(b))の針状結晶が本発明の処理により一つ一つが分離した微粒子になっていることが良く分かる。

【0062】実施例5

製鉄所の鉄精錬時の排ガスの流路に設けられる集塵機の洗浄水を図1に示す装置を用いて、前記ラボテスト方法に準じて実験を行った。集塵機の洗浄水(集塵水)の性状と、処理条件は次のとおりである。

温度: 23°C

3(b))の粒子本発明の処理により一つ一つが分離した微粒子になっていることが良く分かる。

【0065】実施例6

火力発電所のボイラ復水器の冷却水を図1に示す装置を用いて、前記ラボテスト方法に準じて実験を行った。ボイラ復水器の冷却水の性状と、処理条件は次のとおりである。

【0066】

導電率：32500 μ S/cm

処理条件 処理回数：1回

配管（VP管）径：25mm

流量：1.1m³/h、 流速：0.6m/s

電流値：0.01～1.0A

【0067】得られた微粒子の粒径と電流値との関係を図14に示すが、0.3～0.8A程度の電流値で本発明の処理をしていない未処理の約100 μ mの粒径のNaClを主成分とする微粒子が30 μ m以下の粒子になった。これ以上電流値を上げて、粒径の小さい粒子を得ることはできなかった。

【0068】0.76Aと0.036Aで処理して得られた微粒子の顕微鏡写真（1目盛が15 μ m）を示すと、それぞれ図15（a）と図15（b）に示すとおりであり、本発明の処理をしない冷却水含有粒子の顕微鏡写真（図16）の約100 μ mの粒径のNaClと比較して微粒子になっていることが良く分かる。

上澄み液 pH：3.2、

主成分濃度（CaSO₄）

導電率：5800 μ S/cm

SS：55000ppm

処理条件 処理回数：1回

配管（VP管）径：25mm

流量：1.1m³/h、 流速：0.6m/s

電流値：0.01～1.0A

【0072】得られた微粒子の粒径と電流値との関係を図17に示すが、0.4～0.8A程度の電流値で本発明の処理をしていない未処理の約400 μ mの粒径の微粒子が10 μ m以下の粒子になった。これ以上電流値を上げて、粒径の小さい粒子を得ることはできなかった。

【0073】0.60Aで処理して得られた微粒子の顕微鏡写真（1目盛が7.5 μ m）を示すと、図18（a）に示すとおりであり、本発明の処理をしないクレー上澄み液中の粒子の顕微鏡写真（図18（b））の約400 μ mの粒径に比較して分散した微粒子になっていることが良く分かる。

処理条件 処理回数（循環回数）：12回/h

配管（VP管）径：10mm

循環流量：4リットル/分、 流速：0.85m/s

電流値：0.6A

【0076】図20に示すポリタンク11中には20リットルの水道水12が保有されている。これに前記したようにポンプ13により直径10mmの配管（VP）14に常温の水を4リットル/分で循環させながら、電源装置15から方形波電流を配管14に巻き付けたコイル16に印加する。

【0077】その結果、石膏スケール17の減量は図21に示すように37g（11日間）で除去できることが明らかになった。また、本発明の処理をしないと逆に石

【0069】また、実機テストを行ったが、ラボテストと同様の結果が得られ、復水器の冷却水配管に既に硬化した状態で付着していたスケールが軟化して、その除去作業が従来に比して容易になった。

【0070】実施例7

火力発電所のボイラ排ガス中の硫黄酸化物を脱硫処理装置で石灰石スラリーに吸収させて得られる石膏を含む水懸濁液から固体を分離した後の上澄み液配管を図1に示す装置を用いて、前記ラボテスト方法に準じて実験を行った。

【0071】上澄み液の性状と、処理条件は次のとおりである。

温度：24℃

【0074】図19には出力0.22Aで前記上澄み液を1回と2回の処理をした場合の微粒子の顕微鏡写真を示す。図19（a）に示すとおり2回パスは図19

（b）に示す1回パスより微粒子化が進んでいることが良く分かる。

【0075】実施例8

実施例7の火力発電所のボイラ排ガスの脱硫処理で得られる配管に付着した石膏スケール（394g）を板状に分離し、図20に示すように、当該板状石膏スケールに本発明の次の処理条件の電磁界処理を施した常温（22～25℃）の水道水を循環させながら、連続的に当てて石膏スケールの状態を観察した。

石膏スケール17が増量した。

【0078】これは、本発明の処理中に水道水中に溶解したスケール成分が再析出したためと推定される。

【0079】図22には得られた微粒子の顕微鏡写真（1目盛が15 μ m）を示すが、微粒子になっていることが良く分かる。

【0080】また、前記板状石膏スケールの ϕ 0.5g、 ϕ 1.0g、 ϕ 2.0g、 ϕ 3.0g、 ϕ 4.0g、 ϕ 5.0gに次の処理条件

処理回数：1回のみ、 配管（VP管）径：25mm
 流速：0.6m/s、 電流値：0.6A

で電磁界処理を施した常温（22～25℃）の500ミリリットルの水道水を加えて、得られる石膏微粒子のサイズを測定した。その結果を図23に示すが、本発明の微粒子の製造方法では所定の濃度以下で初めて微粒子が

得られることが判明した。

【0081】また、前記板状石膏スケールの0.5gに次の処理条件

処理回数：1回のみ、 配管（VP管）径：25mm
 流速：0.6m/s、 電流：0.01～1.0A

で電磁界処理を施した常温の500ミリリットルの水道水を加えて、印加する電流値を変化させた時に得られる石膏微粒子のサイズを測定した。その結果を図24に示すが、電流値は0.5～1.0A程度が微粒子製造には適当であることが分かる。

転炉の排ガスの流路に設けられる集塵機の洗浄水（Feスラッジを含む）を図1に示す装置を用いて、前記ラボテスト方法に準じて実験を行った。

【0083】集塵機の洗浄水（集塵水）の性状と、処理条件は次のとおりである。

【0082】実施例9

集塵水 pH：7.25、 温度：22℃
 主成分：Fe粉
 SS濃度：15000ppm、
 導電率：253μS/cm
 処理条件 処理回数：1回
 配管（塩化ビニル樹脂（VP）管）径：25mm
 流量：1.1m³/h、
 流速：0.05～0.6m/s
 電流値：0.01～1.0A

【0084】SS濃度を15000、7500、5000、2500ppmに変化させるために、水道水を加え、濃度調整し、前記処理条件で電磁界処理を施した。得られた微粒子の粒径とSS濃度との関係を図25に示すが、SS濃度は2500ppm程度に希釈することで初めて微粒子が得られることが判明した。図26に得られた微粒子の顕微鏡写真（1目盛が7.5μm）は図26（a）に示すとおりであり、本発明の処理をしない集塵水含有粒子の顕微鏡写真（図26（b））の粒子に比べ微粒子になっていることが良く分かる。

【0085】また、粒径と電流値との関係を図27に示すが、0.2～1.0A程度の電流値で本発明の処理をしていない未処理の約50μmの粒径の微粒子が1.0μm程度の粒子になった。

【0086】流速を変化させたときの粒径を見ると図28に示すように、流速は0.4m/s以上にしないと微粒子が得られないことが判明した。

【0087】また、本発明の電磁界処理の効果の残留性（持続性）について調べた結果を示す。洗浄水（集塵水）の性状と、処理条件は次のとおりである。

集塵水 pH：7.25、 温度：22℃
 主成分：Fe粉
 SS濃度：2500ppm、
 導電率：253μS/cm
 処理条件 処理回数：1回
 配管（塩化ビニル樹脂（VP）管）径：25mm
 流量：1.1m³/h、
 流速：0.6m/s
 電流値：0.40A

【0088】図29には、微粒子がフロック化した時の粒径の時間的変化を示しているが、本発明の処理をしていない粒径50μmのSSはそのままの粒径を保つが、本発明の処理をした粒径が10μmのものは分散性を有していたが、処理後の日数が増えると共にフロック径が大きくなる傾向を示した。

【0089】これは、前記SS成分が配管にスケールとして付着していた場合には、本発明の処理の後に微粒子

となり配管壁面から剥離して分散状態にあるものが、フロックとして沈降分離して配管内から除去し易くなることを示している。

【0090】また、図30（a）には本発明の電磁界処理を施した洗浄水（集塵水）内の界面（装置壁面部の洗浄水面付近、すなわち、気体、液体、固体の境界部付近）近傍には微粒子濃度が希釈されていることが、図30（b）の本発明の電磁界処理を施していない洗浄水

(集塵水)内の前記界面近傍の粒子の分散を示す写真と比較して分かる。これは本発明の電磁界処理により微粒子が固体境界部、気体の境界部で反発性が増加したことによるものと考えられる。

【0091】実施例9の作用を確認するために次の比較例1の実験を行った。

比較例1

実施例9で得られたFe系のスケール試料500mlを用いて、次の様な電界処理を実施した。

【0092】図32に示すように、陰極と陽極間に電圧18V、DC電流0.76Aを用いて5分間、電気分解を行い、還元雰囲気部分の液を採取して顕微鏡写真で観察すると、図33に示すように粒子は一部分散性を示すが、界面付近の粒子が凝集(集合)性を示すことが分かった。したがって、本発明の電磁界処理と電解処理とは異なる作用が働いているものと考えられる。

【0093】実施例10

シリカ製造業におけるシリカ母液循環水の配管内に付着して形成されるシリカスケール0.5gに予め本発明の電磁界処理を行った水道水(22~25℃)500mlを加えて(1000ppm)、図1に示すラボテストを行い、シリカスケールの微粒子化処理を行った。

処理条件 処理回数: 1回

配管(VP管)径: 25mm

流速: 0.6m/s

電流値: 0.01~1.0A

【0094】得られたSiO₂微粒子の粒径と電流値との関係を図31に示すが、0.4~0.90A程度の電流値で本発明の処理をしていない未処理の約100μmの粒径のSiO₂粒子が10μm程度の粒子になった。

【0095】

【発明の効果】本発明によれば、微粒子の製造ができ、同時にその微粒子生成用の原料が壁面に付着している場合は、それからの剥離が容易になる。

【0096】また本発明の処理を行うことで、壁面へのスケール付着が防止できるので、パイプ等の設備の寿命が延びるだけでなく、スケール除去等のメンテナンスが不要あるいは低減できて、コストを大幅に低減することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明のラボテスト用の装置を示す図である。

【図2】 本発明の電界と磁界のモデルを示す図である。

【図3】 本発明の電磁界を印加した場合の液の導電率比と時間との関係を示す図である。

【図4】 本発明の電磁界を印加した液からの結晶化粒子の結合モデルを示す図である。

【図5】 本発明の実施例1の処理で得られた微粒子の顕微鏡写真(図面の代用)である。

【図6】 本発明の実施例1の処理で得られた微粒子の粒径と電流値の関係を示す図である。

【図7】 本発明の実施例2の処理で得られた微粒子の粒径と電流値の関係を示す図である。

【図8】 本発明の実施例2の処理済みと未処理の微粒子の顕微鏡写真(図面の代用)である。

【図9】 本発明の実施例3の処理で得られた微粒子の粒径と電流値の関係を示す図である。

【図10】 本発明の実施例3の処理済みと未処理の微粒子の顕微鏡写真(図面の代用)である。

【図12】 本発明の実施例5の処理で得られた微粒子の粒径と電流値の関係を示す図である。

【図13】 本発明の実施例5の処理済みと未処理の微粒子の顕微鏡写真(図面の代用)である。

【図14】 本発明の実施例6の処理で得られた微粒子の粒径と電流値の関係を示す図である。

【図15】 本発明の実施例6の処理で得られた微粒子の顕微鏡写真(図面の代用)である。

【図16】 本発明の実施例6の未処理の微粒子の顕微鏡写真(図面の代用)である。

【図17】 本発明の実施例7の処理で得られた微粒子の粒径と電流値の関係を示す図である。

【図18】 本発明の実施例7の処理済みと未処理の微粒子の顕微鏡写真(図面の代用)である。

【図19】 本発明の実施例7の処理回数が1回と2回とて得られた微粒子の顕微鏡写真(図面の代用)である。

【図20】 本発明の実施例8の予め電磁界処理した水を用いて微粒子を製造する(スケールを除去する)装置を示す図である。

【図21】 本発明の実施例8の予め電磁界処理した水を用いて微粒子を製造する(スケールを除去する)場合の粒径と処理日数の関係を示す図である。

【図22】 本発明の実施例8の処理で得られた微粒子の顕微鏡写真(図面の代用)である。

【図23】 本発明の実施例8の予め電磁界処理した水を用いてスケールを処理する際のスケール濃度と処理された後の粒径との関係を示す図である。

【図24】 本発明の実施例8の処理で得られた微粒子の粒径と電流値の関係を示す図である。

【図25】 本発明の実施例9の微粒子の粒径とSS濃度の関係を示す図である。

【図26】 本発明の実施例9の処理済みと未処理の微粒子の顕微鏡写真(図面の代用)である。

【図27】 本発明の実施例9の処理で得られて微粒子の粒径と電流値の関係を示す図である。

【図28】 本発明の実施例9の処理で得られた微粒子の粒径と流速との関係を示す図である。

【図29】 本発明の実施例9で処理した後の微粒子のフロック化の傾向を未処理の微粒子と比較して示す図である。

ある。

【図26】 本発明の実施例9の処理済みと未処理の微粒子の顕微鏡写真（図面の代用）である。

【図31】 本発明の実施例10の処理で得られて微粒子の粒径と電流値の関係を示す図である。

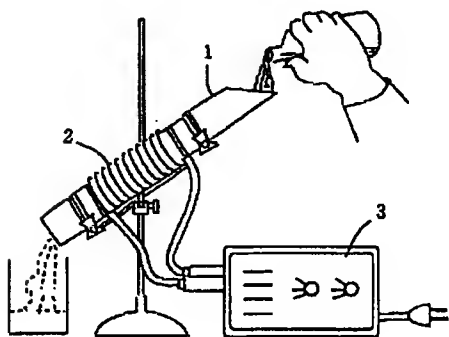
【図32】 Feスケールを含む液を電気分解処理する装置の図である。

【図33】 Feスケールを含む液を電気分解処理で得られる微粒子の顕微鏡写真（図面の代用）である。

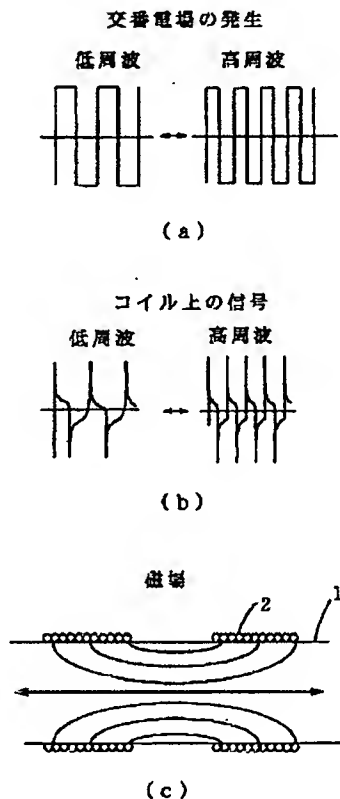
【符号の説明】

- | | |
|-----------|-------|
| 1 液体流路配管 | 2 コイル |
| 3 電源装置 | |
| 11 ポリタンク | 12 水道 |
| 水 | |
| 13 ポンプ | 14 配管 |
| 15 電源装置 | 16 コイ |
| ル | |
| 17 石膏スケール | |

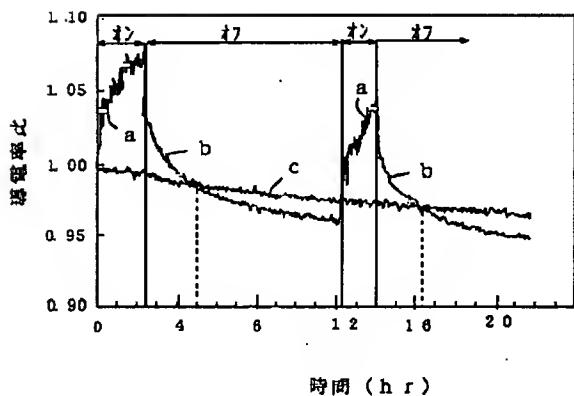
【図1】



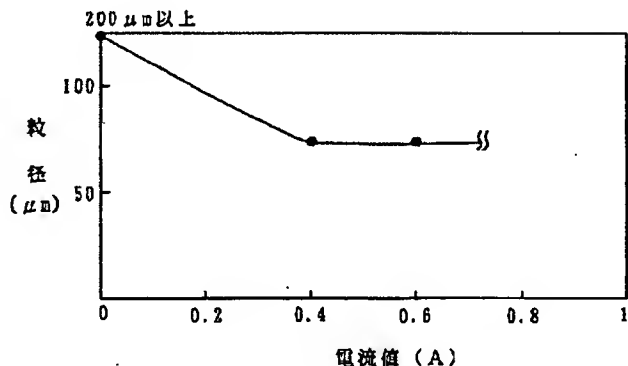
【図2】



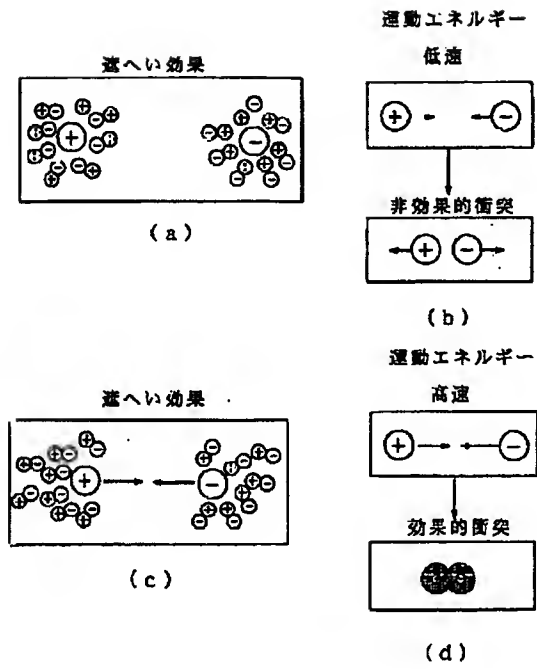
【図3】



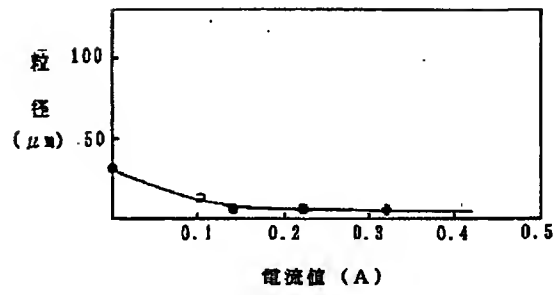
【図6】



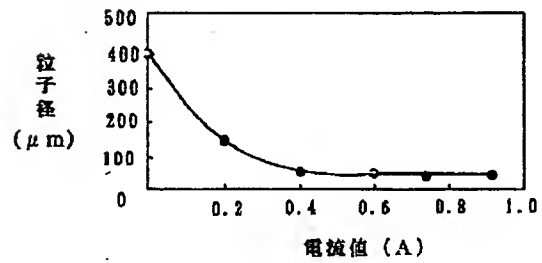
【図4】



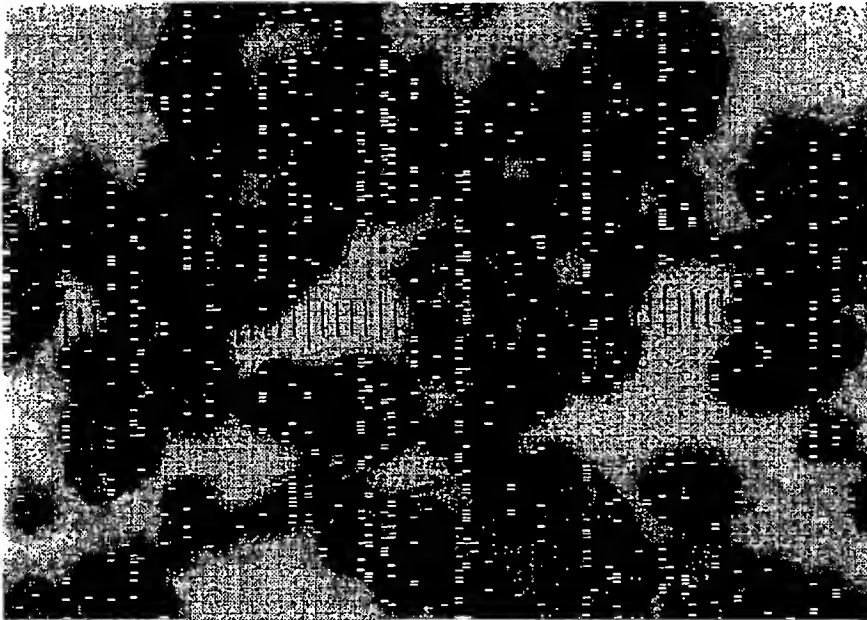
【図7】



【図24】



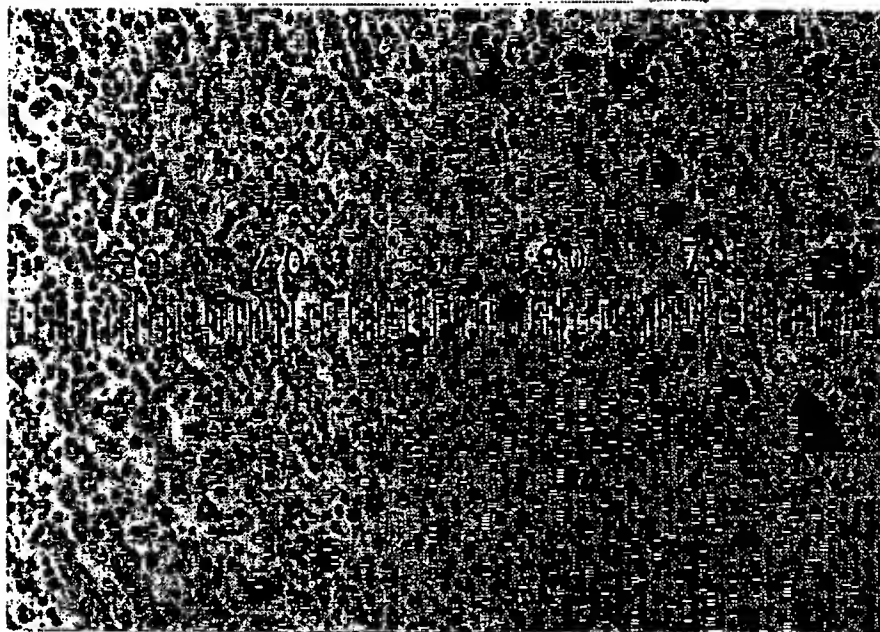
【図5】



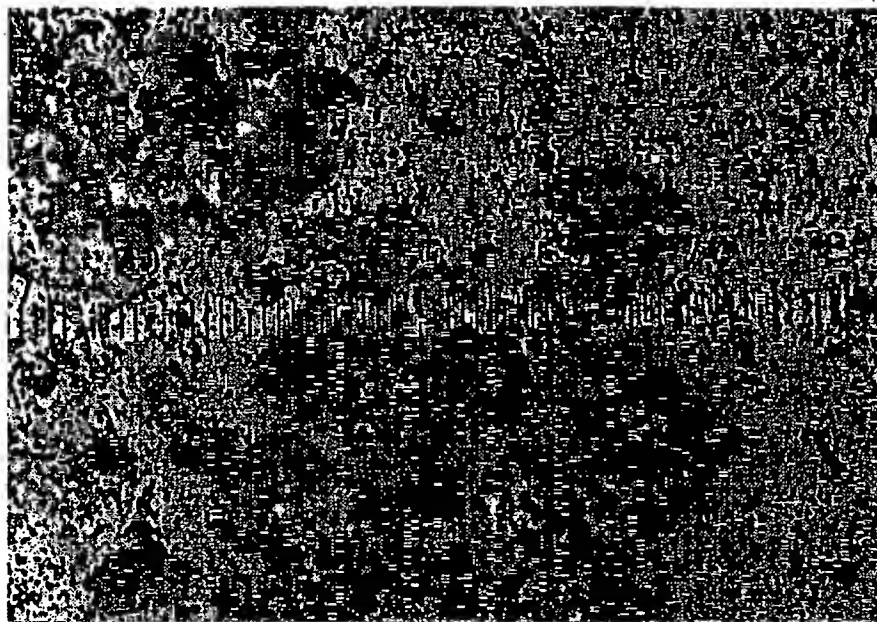
図面代用写真(カラー)

【図8】

図面代用写真

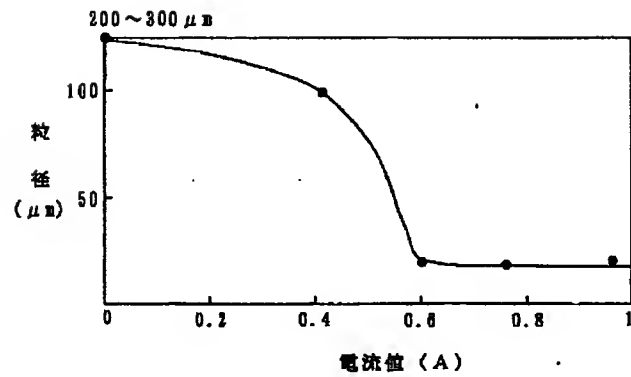


(a)

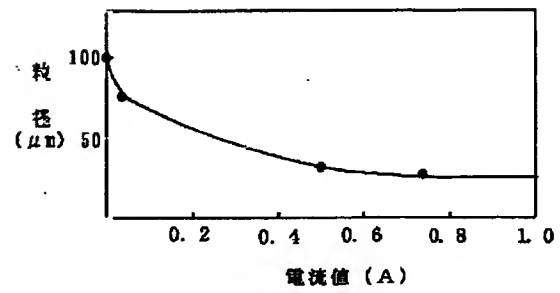


(b)

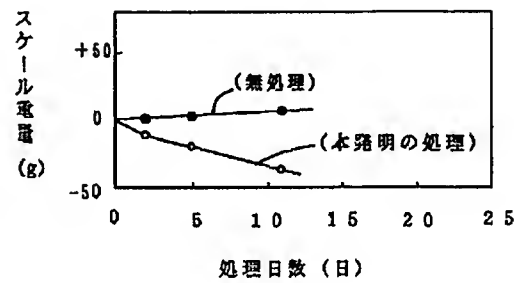
【図9】



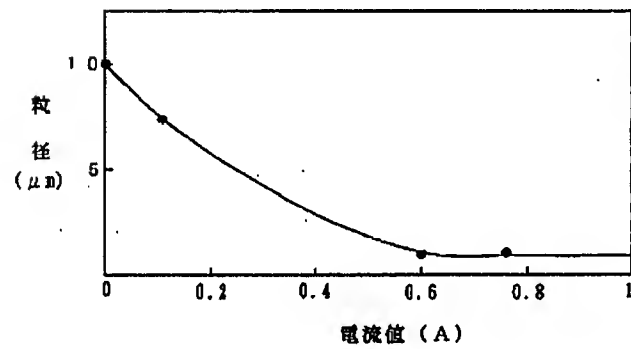
【図14】



【図21】



【図12】



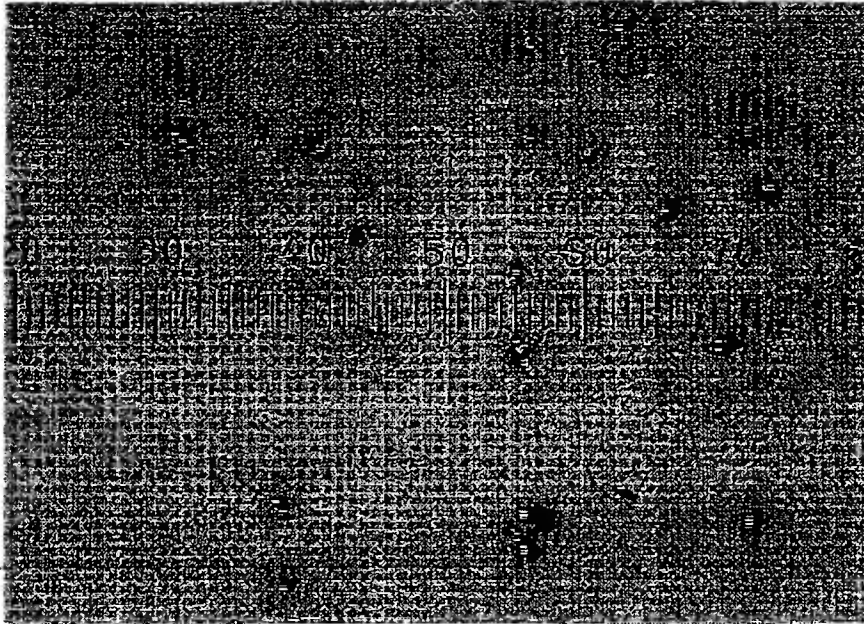
【図16】



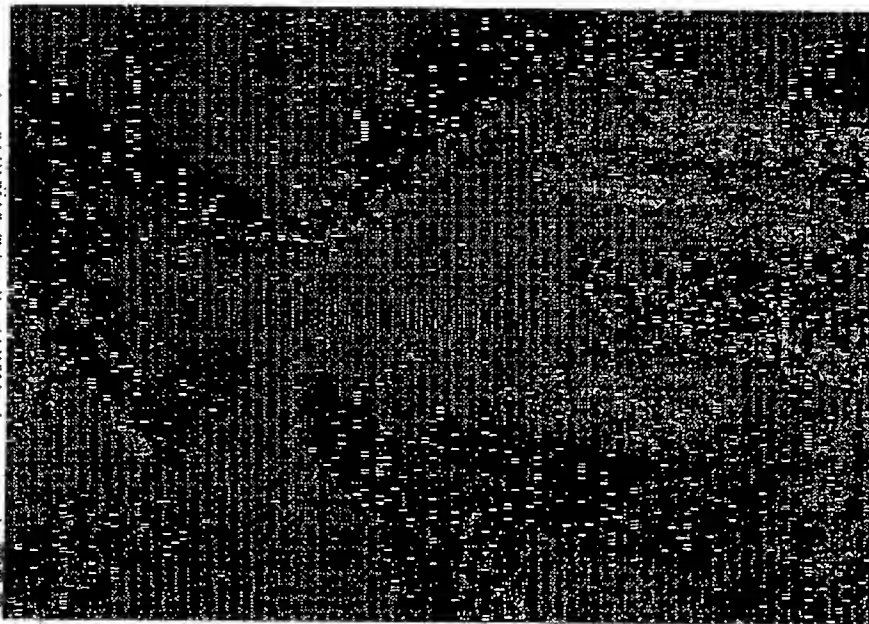
図面代用写真(カラー)

【図10】

図面代用写真(カラー)



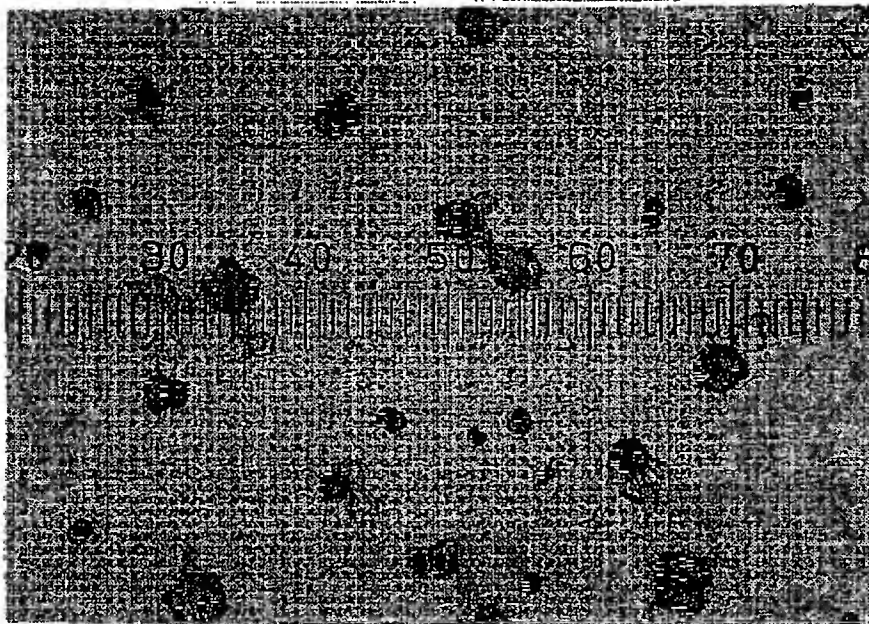
(a)



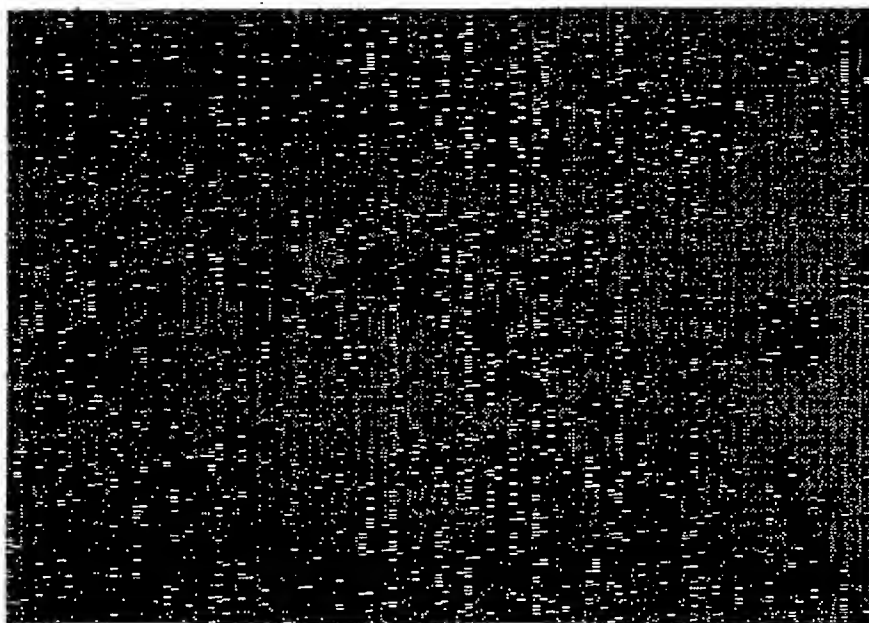
(b)

【図11】

図面代用写真(カラー)



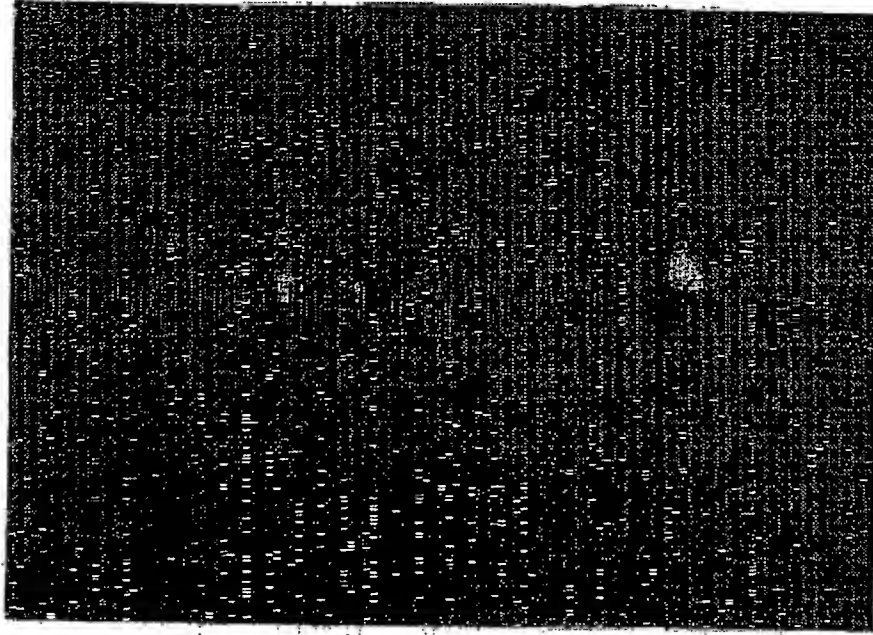
(a)



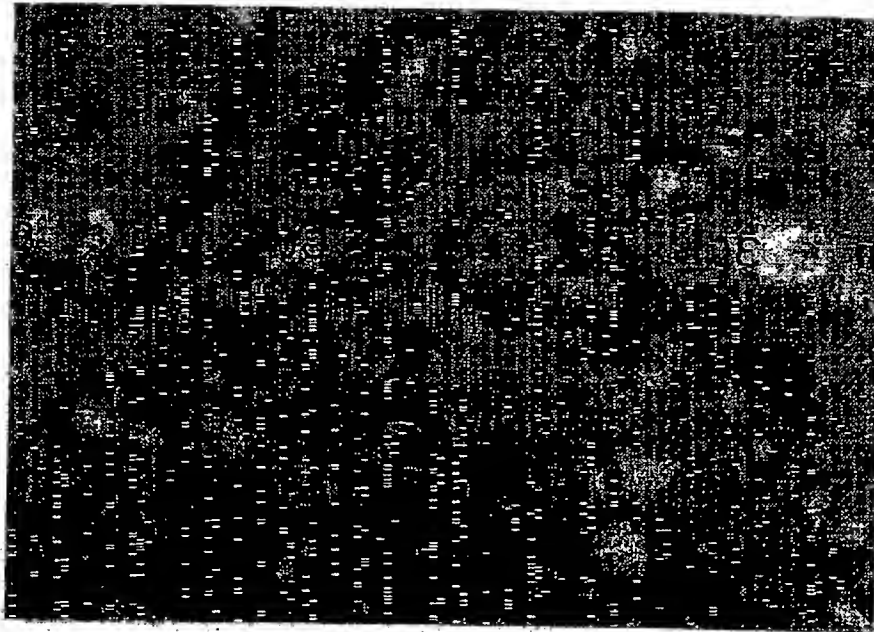
(b)

【図13】

図面代用写真(カラー)



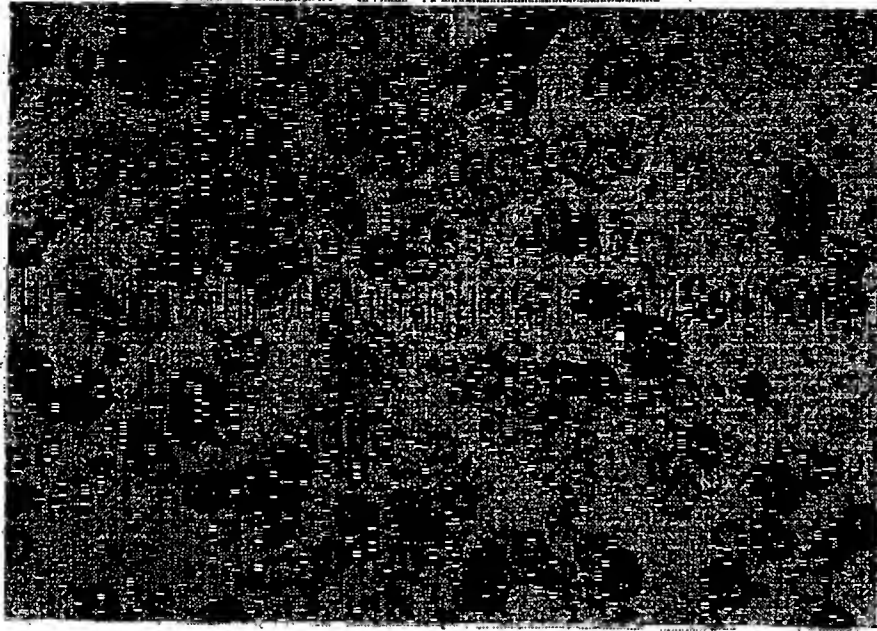
(a)



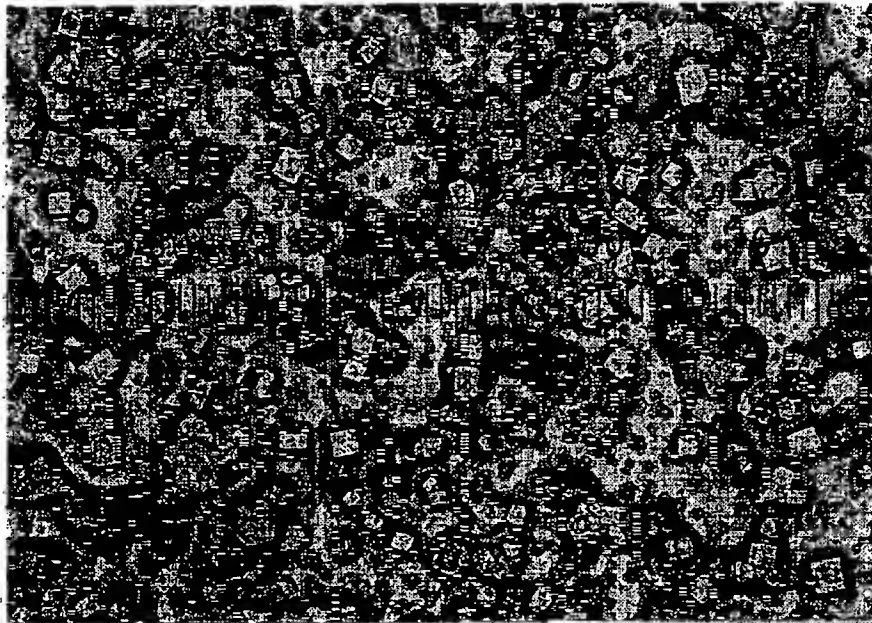
(b)

【図15】

図面代用写真(カラー)

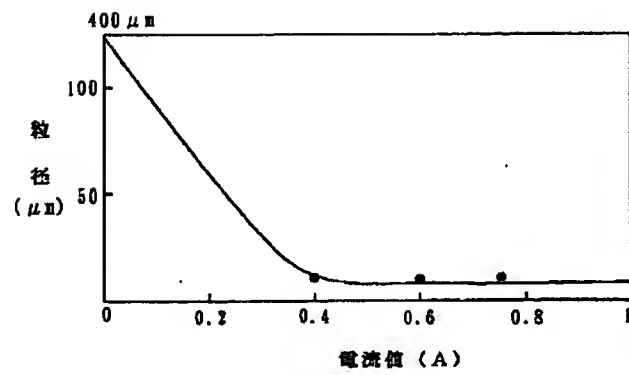


(a)



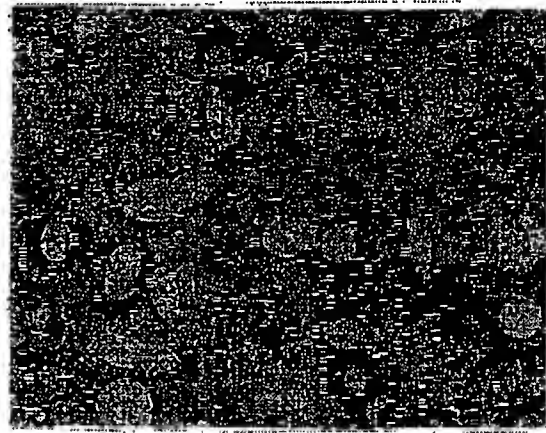
(b)

【図17】

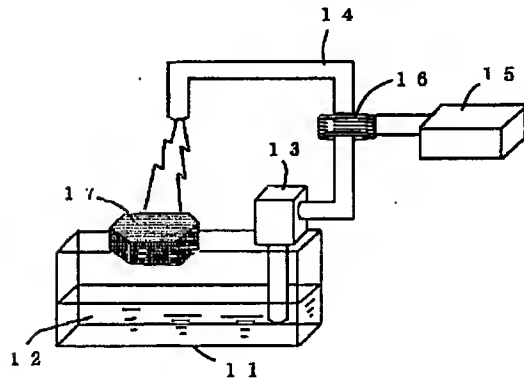


【図19】

図面代用写真(カラー)

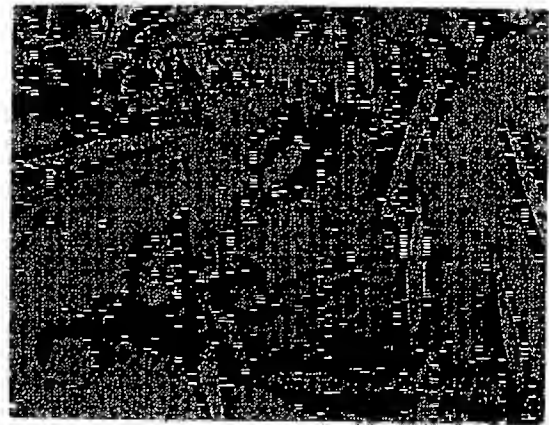
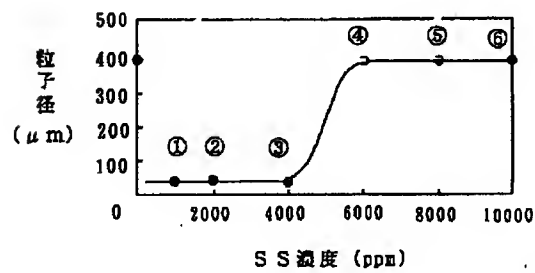


【図20】

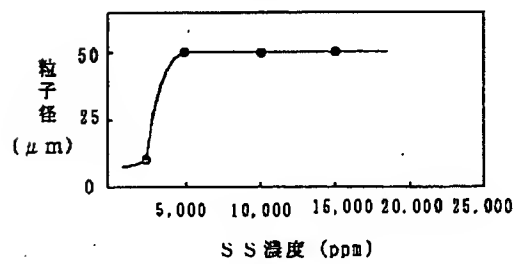


(a)

【図23】



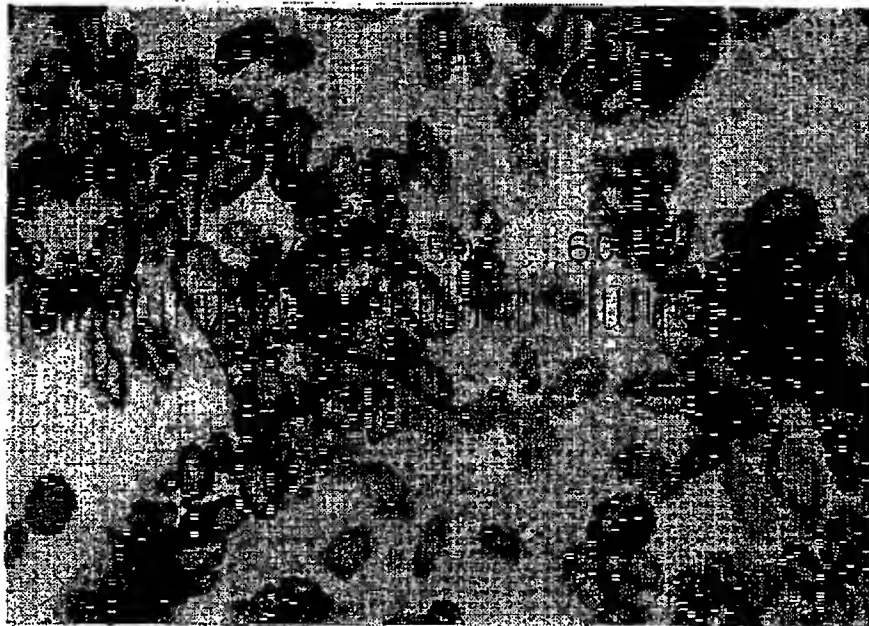
【図25】



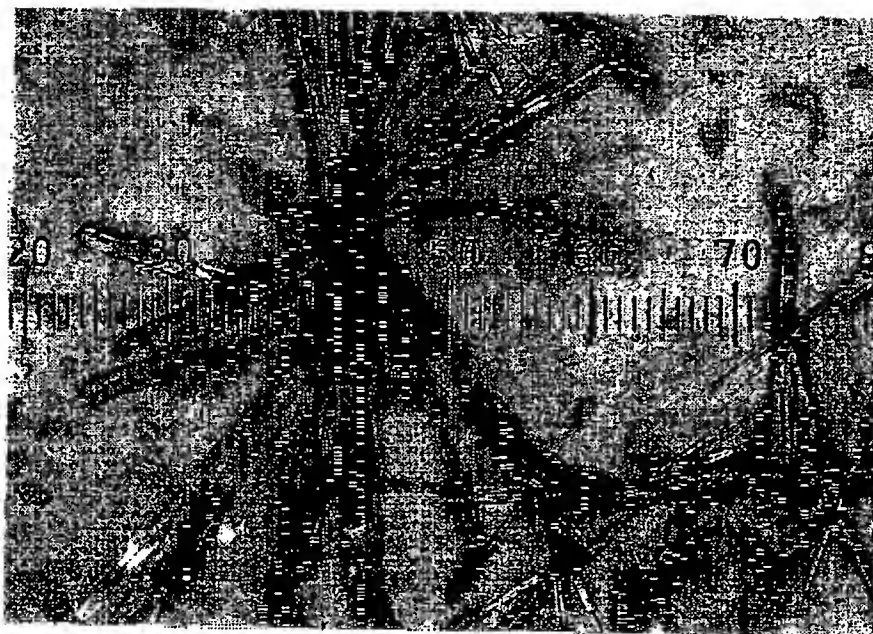
(b)

【図18】

図面代用写真(カラー)

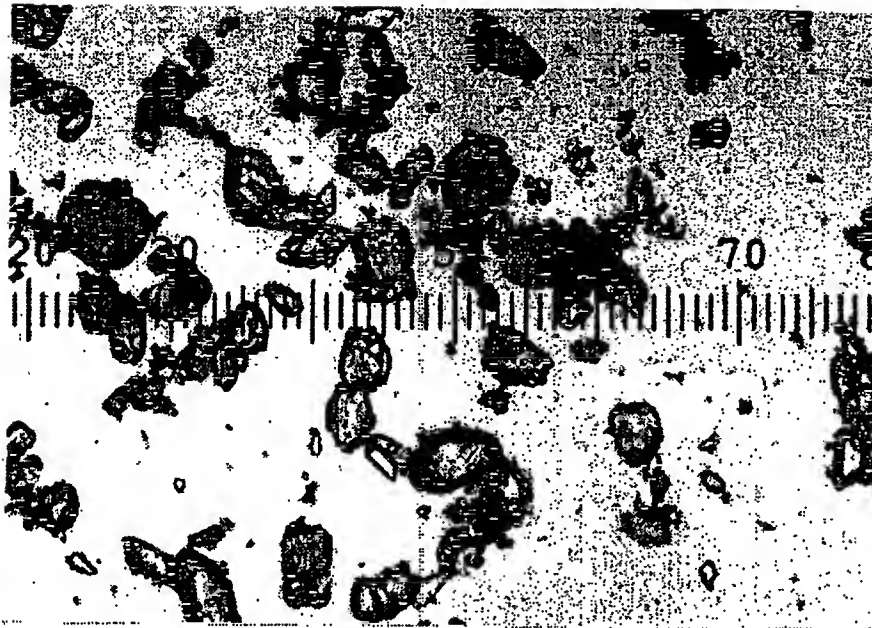


(a)



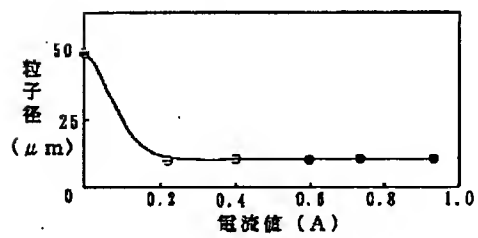
(b)

【図22】

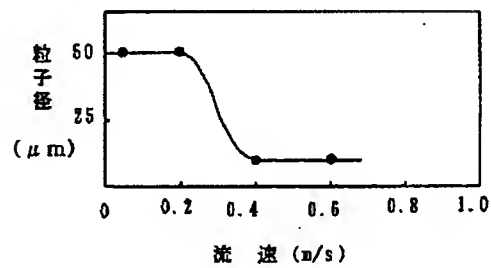


図面代用写真

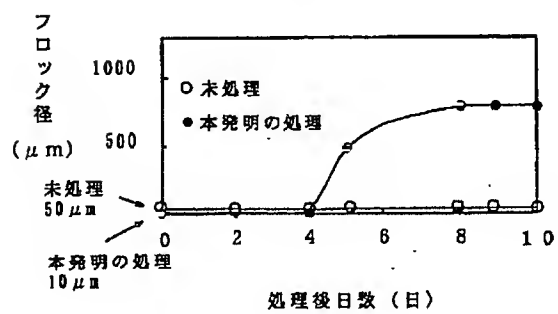
【図27】



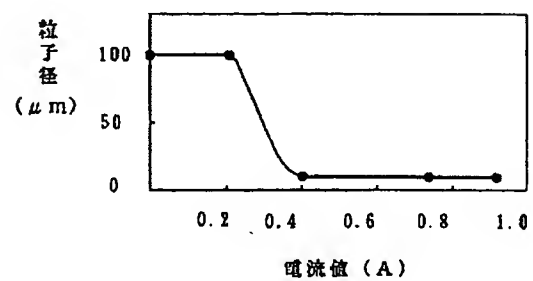
【図28】



【図29】

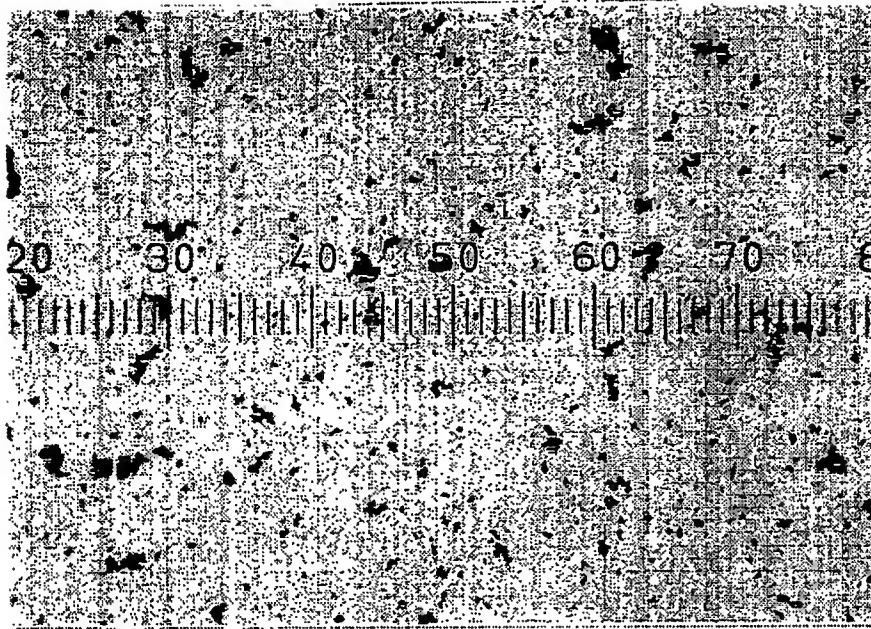


【図31】

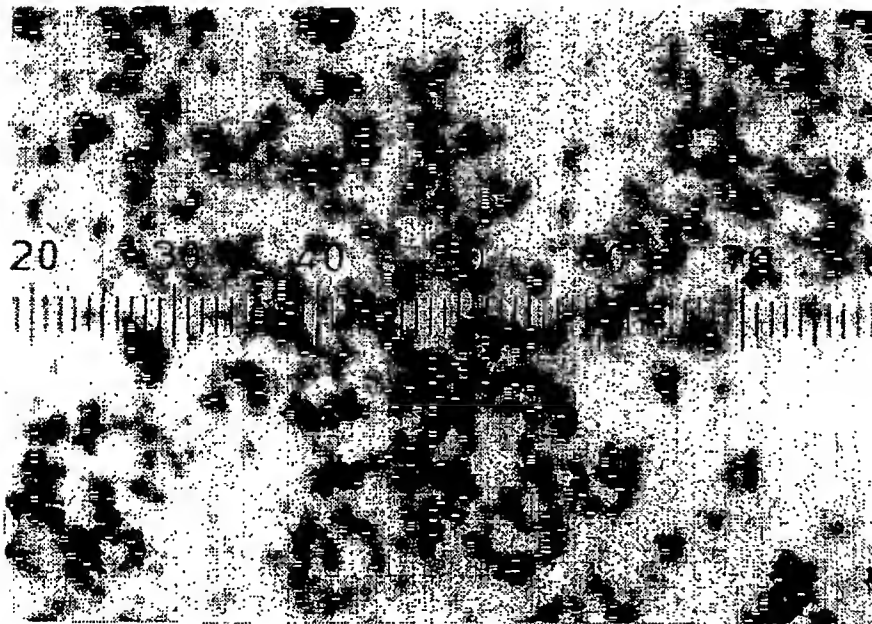


【図26】

図面代用写真(カラー)



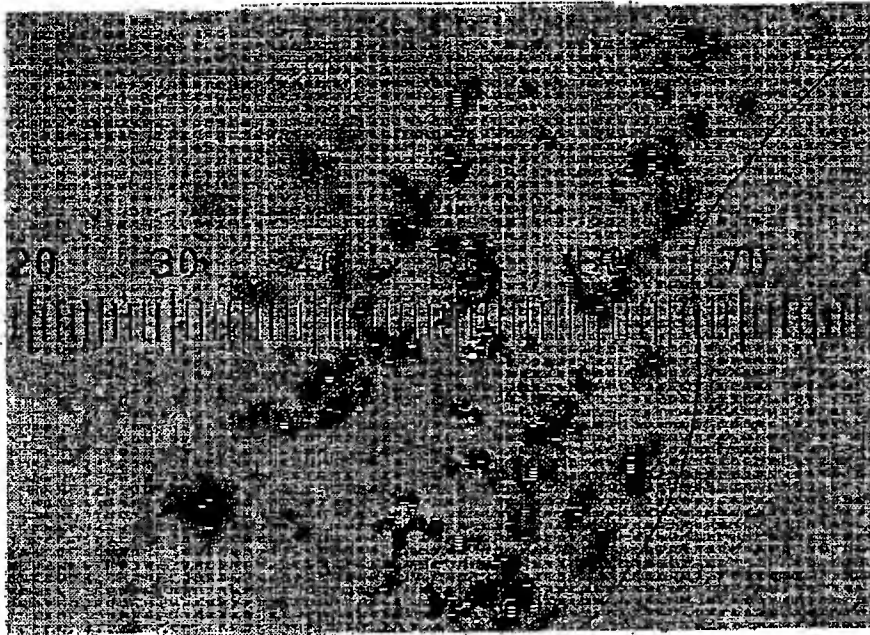
(a)



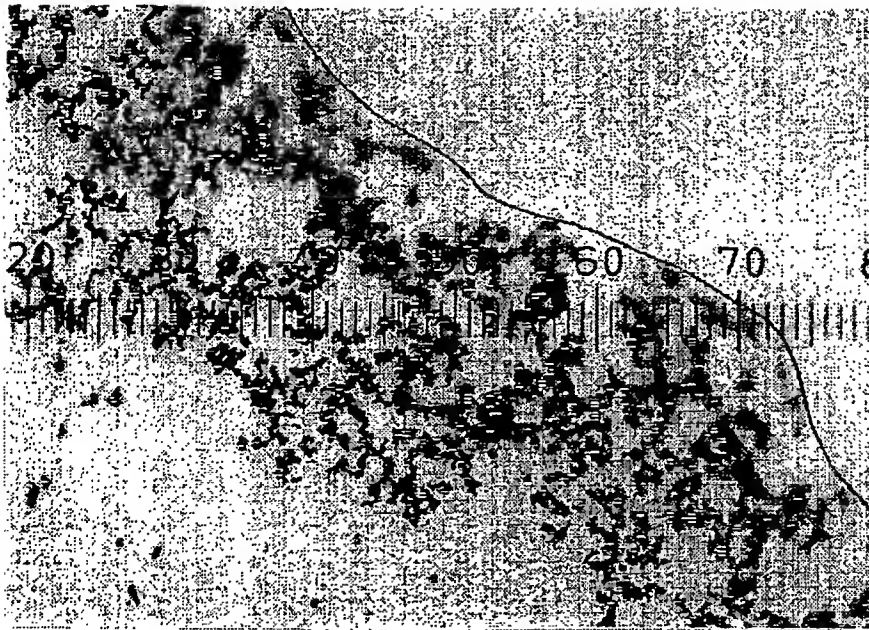
(b)

【図30】

図面代用写真(カラー)

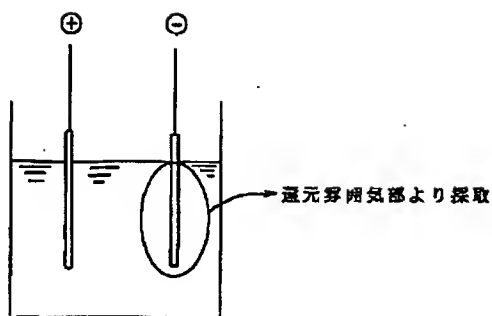


(a)



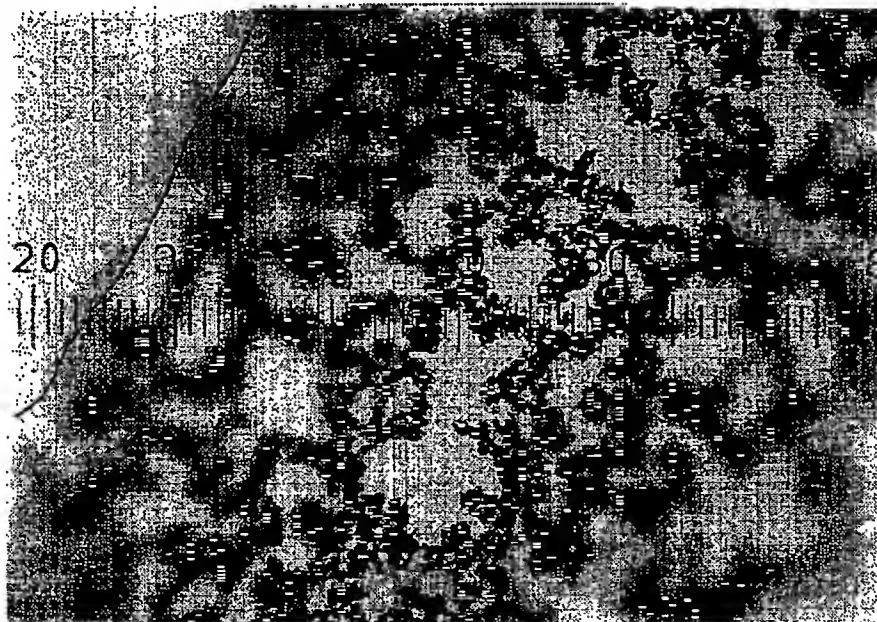
(b)

【図32】



【図33】

図面代用写真(カラー)



【手続補正書】

【提出日】平成10年12月2日

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】図面の簡単な説明

【補正方法】変更

【補正内容】

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明のラボテスト用の装置を示す図である。

【図2】 本発明の電界と磁界のモデルを示す図である。

【図3】 本発明の電磁界を印加した場合の液の導電率

比と時間との関係を示す図である。

【図4】 本発明の電磁界を印加した液からの結晶化粒子の結合モデルを示す図である。

【図5】 本発明の実施例1の処理で得られた微粒子の顕微鏡写真(図面の代用)である。

【図6】 本発明の実施例1の処理で得られた微粒子の粒径と電流値の関係を示す図である。

【図7】 本発明の実施例2の処理で得られた微粒子の粒径と電流値の関係を示す図である。

【図8】 本発明の実施例2の処理済みと未処理の微粒子の顕微鏡写真(図面の代用)である。

【図9】 本発明の実施例3の処理で得られた微粒子の

粒径と電流値の関係を示す図である。

【図10】 本発明の実施例3の処理済みと未処理の微粒子の顕微鏡写真（図面の代用）である。

【図11】 本発明の実施例4の処理済みと未処理の微粒子の顕微鏡写真（図面の代用）である。

【図12】 本発明の実施例5の処理で得られた微粒子の粒径と電流値の関係を示す図である。

【図13】 本発明の実施例5の処理済みと未処理の微粒子の顕微鏡写真（図面の代用）である。

【図14】 本発明の実施例6の処理で得られた微粒子の粒径と電流値の関係を示す図である。

【図15】 本発明の実施例6の処理で得られた微粒子の顕微鏡写真（図面の代用）である。

【図16】 本発明の実施例6の未処理の微粒子の顕微鏡写真（図面の代用）である。

【図17】 本発明の実施例7の処理で得られた微粒子の粒径と電流値の関係を示す図である。

【図18】 本発明の実施例7の処理済みと未処理の微粒子の顕微鏡写真（図面の代用）である。

【図19】 本発明の実施例7の処理回数が1回と2回とで得られた微粒子の顕微鏡写真（図面の代用）である。

【図20】 本発明の実施例8の予め電磁界処理した水を用いて微粒子を製造する（スケールを除去する）装置を示す図である。

【図21】 本発明の実施例8の予め電磁界処理した水を用いて微粒子を製造する（スケールを除去する）場合の粒径と処理日数の関係を示す図である。

【図22】 本発明の実施例8の処理で得られた微粒子の顕微鏡写真（図面の代用）である。

【図23】 本発明の実施例8の予め電磁界処理した水を用いてスケールを処理する際のスケール濃度と処理さ

れた後の粒径との関係を示す図である。

【図24】 本発明の実施例8の処理で得られた微粒子の粒径と電流値の関係を示す図である。

【図25】 本発明の実施例9の微粒子の粒径とSS濃度の関係を示す図である。

【図26】 本発明の実施例9の処理済みと未処理の微粒子の顕微鏡写真（図面の代用）である。

【図27】 本発明の実施例9の処理で得られて微粒子の粒径と電流値の関係を示す図である。

【図28】 本発明の実施例9の処理で得られた微粒子の粒径と流速との関係を示す図である。

【図29】 本発明の実施例9で処理した後の微粒子のフロック化の傾向を未処理の微粒子と比較して示す図である。

【図30】 本発明の実施例9の処理済みと未処理の微粒子の顕微鏡写真（図面の代用）である。

【図31】 本発明の実施例10の処理で得られて微粒子の粒径と電流値の関係を示す図である。

【図32】 Feスケールを含む液を電気分解処理する装置の図である。

【図33】 Feスケールを含む液を電気分解処理で得られる微粒子の顕微鏡写真（図面の代用）である。

【符号の説明】

1 液体流路配管	2 コイル
3 電源装置	
11 ポリタンク	12 水道水
13 ポンプ	14 配管
15 電源装置	16 コイル
17 石膏スケール	

JP H11-151437A

English Translation of Japanese Patent Laying-Open No. H11-151437

[Title of the Invention]

Method and Device for Manufacturing Fine Particles

[Abstract]

[Object]

An object is to provide a method and a device for manufacturing fine particles (for removing scales) by a simple method at a low cost.

[Solution]

An alternating current of square wave having frequencies of 20 Hz to 1 MHz varied with time is caused to flow through a coil provided in a flow path system of clean water, aqueous solution or water suspension, so as to form eddy current and magnetic field, whereby fine particles are produced from raw material for fine particles in the aqueous solution or water suspension. At this time, if the raw material for fine particles is scale, it is peeled off, because of micro-particulation, from the wall surface on which it has been deposited.

[Scope of Claims for Patent]

[Claim 1]

A method of manufacturing fine particles, characterized in that an alternating current of square wave having frequencies varied with time within a bandwidth of 20 Hz - 1 MHz is allowed to flow through a coil, and that by using an electromagnetic field induced by the current flowing through the coil, the fine particles are produced from a raw material for producing fine particles in an aqueous solution or water suspension.

[Claim 2]

A method of manufacturing fine particles, characterized in that an alternating current of square wave having frequencies varied with time within a bandwidth of 20 Hz - 1 MHz is allowed to flow through a coil, water is pre-treated by an electromagnetic field induced by the current flowing through the coil, and the treated water is added to a raw material for producing fine particles or to aqueous solution or water suspension containing the raw material for producing fine particles, thereby to produce fine particles.

[Claim 3]

A device for manufacturing fine particles, comprising:

a flow path through which water, water suspension or aqueous solution containing raw material for producing fine particles is caused to flow;

a coil wound around said flow path, through which an alternating current of

square wave having frequencies varied with time within a bandwidth of 20 Hz - 1 MHz is allowed to flow; and

a power supply device including a control system for causing current flow through the coil.

[Claim 4]

A method of removing scale, characterized in that an alternating current of square wave having frequencies varied with time within a bandwidth of 20 Hz - 1 MHz is allowed to flow through a coil, water is pre-treated by an electromagnetic field induced by the current flowing through the coil, the treated water is mixed with water suspension or aqueous solution containing raw material for forming the scale, and by precipitation from the mixed liquid, deposition of scale on a member in contact with the liquid or on a wall surface of a reservoir containing the liquid is prevented or scale deposited on said wall surface is peeled off.

[Claim 5]

A device for removing scale, comprising:

a flow path through which water is caused to flow;

a coil wound around said flow path, through which an alternating current of square wave having frequencies varied with time within a bandwidth of 20 Hz - 1 MHz is allowed to flow;

a power supply device including a control system for causing current flow through the coil; and

a device for supplying the water treated by electromagnetic field coming out from said flow path to a raw material for forming scale, to a member in contact with a liquid containing the raw material or to a reservoir containing the liquid.

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Technical Field to Which the Invention Pertains]

The present invention relates to a method or device for manufacturing fine particles, a method and device for precipitating fine particles from aqueous solution or water suspension, and to a method and device for removing scale from water suspension or aqueous solution containing raw material for forming scale.

[0002]

[Prior Art]

Conventionally, as a method of manufacturing fine particles, a solid body has been physically crushed and the crushed solid body is further physically pulverized, whereby fine particles having the size in the order of micrometers have been

manufactured.

[0003]

Further, in various fields of industry, in a member or device using water, aqueous solution or water suspension, degradation of performance of said member or device has been unavoidable because of scales deposited on or clogging said member or on a wall surface of the device during long time of use.

[0004]

[Problems to be Solved by the Invention]

The physical processing method described above, however, involves an in-line type facility that requires processing equipment mounted inside a pipe or the like of various plants. Therefore, mounting and maintenance of such equipment cost considerably, while expected effects of processing is not so significant.

[0005]

Therefore, an object of the present invention is to provide a method and device for manufacturing fine particles by a simple method and at a low cost.

[0006]

Further, in a member in contact with water, aqueous solution or water suspension, or in a reservoir containing such a liquid, in order to remove scales and the like deposited on said member or on a wall surface of the device over the long time of use, it is necessary to take out the member or suspend operation of the device at regular intervals, to take off scales or to clear clogging. Taking out the member or suspension of device operation results in loss of production time as well as various other losses related to the suspended work. Further, cleaning cost is also required.

[0007]

An object of the present invention is to provide method and device for removing scale by a simple method and at a low cost.

[0008]

The problem of manufacturing fine particles of the present invention described above can be solved by the following arrangements.

(1) A method of manufacturing fine particles, comprising the steps of causing an alternating current of square wave having frequencies varied with time within a bandwidth of 20 Hz - 1 MHz to flow through a coil provided in a flow path of aqueous solution or water suspension to generate eddy current and an electromagnetic field, and thereby producing fine particles from a raw material for producing fine particles in the aqueous solution or the water suspension.

(2) A method of manufacturing fine particles, characterized in that an

alternating current of a square wave having frequencies varied with time within a bandwidth of 20 Hz - 1 MHz is allowed to flow through a coil, water is pre-treated by an electromagnetic field induced by the current flowing through the coil, and the treated water is added to a raw material for producing fine particles or to aqueous solution or water suspension containing the raw material for producing fine particles, thereby to produce fine particles.

[0009]

(3) A device for manufacturing fine particles, comprising:

a flow path through which water, water suspension or aqueous solution containing raw material for producing fine particles is caused to flow;

a coil wound around said flow path, through which an alternating current of square wave having frequencies varied with time within a bandwidth of 20 Hz - 1 MHz is allowed to flow; and

a power supply device including a control system for causing current flow through the coil.

The problem of removing scale in accordance with the present invention is solved by the following arrangements.

(4) A method of removing scale, characterized in that an alternating current of square wave having frequencies varied with time within a bandwidth of 20 Hz - 1 MHz is allowed to flow through a coil, water is pre-treated by an electromagnetic field induced by the current flowing through the coil, the treated water is mixed with water suspension or aqueous solution containing raw material for forming the scale, and by precipitation from the mixed liquid, deposition of scale on a member in contact with the liquid or on a wall surface of a reservoir containing the liquid is prevented or scale deposited on said wall surface is peeled off.

(5) A device for removing scale, comprising:

a flow path through which water is caused to flow;

a coil wound around said flow path, through which an alternating current of square wave having frequencies varied with time within a bandwidth of 20 Hz - 1 MHz is allowed to flow;

a power supply device including a control system for causing current flow through the coil; and

a device for supplying the water treated by electromagnetic field coming out from said flow path to a raw material for forming scale, to a member in contact with a liquid containing the raw material or to a reservoir containing the liquid.

[0010]

In the present invention, the fine particles refer to particles containing crystals having the size of at most 50 μm , the shape of which is not limited to spherical or cubic. In order to facilitate draining down the micro-particulated scale through a pipe, for example, it is preferred that the particles contain crystals having the particle size of at most 20 μm .

[0011]

Specifically, as can be seen from the device for laboratory test shown in Fig. 1, by way of example, an alternating current of square wave having frequencies varied with time within a bandwidth of 20 Hz - 1 MHz is caused to flow through a coil 2 wound around a liquid delivery pipe 1. Desirable frequency band is 500 to 5000 Hz at which good following capability of ionized ions can be attained.

[0012]

A power supply device 3 applies the current having the frequencies of 500, 5000 and 2500 Hz, for example, in the bandwidth of 20 to 1 MHz, to the coil 2 for 2 msec, 0.2 msec and 0.1 msec, respectively. The current value of the current that is caused to flow may be a specific value between 0.05 to 10A, dependent on factors such as pipe diameter of liquid delivery pipe 1 and the like. The voltage is generally 100 or 200V of commercial power supply.

[0013]

Further, in the liquid delivery pipe (metal pipe, glass pipe, resin pipe or the like) shown in Fig. 1, eddy current and magnetic field such as shown in Fig. 2 are formed. AC current of square wave with the frequency varied over a wide range with time from high frequency to low frequency such as shown in Fig. 2(a) is applied to the clean water (tap water), aqueous solution or water suspension in the pipe 1. Fig. 2(b) shows a waveform model of eddy current in the pipe 1, and Fig. 2(c) shows a magnetic field model formed by the eddy current.

[0014]

One of the characteristics of the present invention is that the square wave AC current has its frequency varied with time, at random over a wide range from high frequency to low frequency. The value may differ dependent on the types of fine particles, and the frequency is varied with the current value being in the range of 0.1 to 10A.

[0015]

When the square wave AC current within the bandwidth of 20 to 1MHz with the frequency varied with time is applied to the coil in accordance with the present invention, the electric energy and magnetic field generated thereby in the water (clear

water, aqueous solution or water suspension) promote ionization of salts in the water, as shown in Fig. 3. The ordinate of Fig. 3 represents electric conductivity ratio, which is increased from the initial value.

[0016]

When application of said square wave current is continued, the electric conductivity represented by curve a increases, possibly because of ionization of salts in the water, or increase in ionic strength of soluble salts. If application of said square wave current is stopped, electric conductivity decreases as represented by curve b. There is a range in which electric conductivity ratio represented by curve c is lower than that when the square wave current is not applied to the water. It may be the case that ionized substance of said salts in the water is crystallized to form fine particles during this period.

[0017]

As described above, if saturation conditions and other conditions for ionic bond are satisfied by the increase in ionic strength of salts in the water and local formation of ion concentration, water insoluble substance in the form of crystals could be produced.

[0018]

Under conditions of extremely high ionic bond, the crystallized particles come to have neutral surface charges, and form crystals of small particles having spherical shapes. If the surface charges of the crystallized particles are more biased, the crystal body becomes smaller and comes to have weaker collectivity. Fig. 4 illustrates models of the process of ionization of salt in the water and the process of crystallization through bonding, with the treatment of the present invention (Figs. 4(a) and (b)) and without the treatment of the present invention (Figs. 4(c) and (d)).

[0019]

The current that flows through coil 2 wound around liquid delivery pipe 1 is a square wave current of which direction changes instantaneously at the rate of hundreds to thousands of times per second. Accordingly, the direction of magnetic field also changes instantaneously and, as a result, a large electromagnetic field force generates in liquid delivery pipe 1, which strongly acts on the positive/negative ion dissolved substance in the liquid flowing through pipe 1. The positive/negative ion dissolved substance receiving the large electromagnetic force is positively crystallized with metal fine particles existing in the liquid serving as nuclei. The positive crystallization in the pipe prevents production of scales on the wall surface of liquid delivery pipe 1.

[0020]

Now, positive/negative ion dissolved substance, metal particles, crystal

JPH11-151437A

molecules and the like forming the crystals generally have eigen frequencies. The eigen frequency varies influenced by the viscosity, pressure, temperature, concentration and the like of the liquid.

[0021]

When the frequency of the above-described square wave current is modulated (frequency changed with time) within a prescribed bandwidth, resonance occurs at a frequency that matches the eigen frequency. The crystal subjected to the resonance comes to be smaller particles because of the high power of micro-vibration. By the frequency modulation performed in this manner, it becomes possible to obtain crystals of stable fine particles, not influenced by the flow rate, viscosity, temperature, concentration and the like of the liquid. Further, the particle size of crystals can be controlled, by changing the current strength or time of allowing current flow.

[0022]

Next, an example of the method of manufacturing fine particles (spherical small particle crystals) in accordance with the present invention will be described.

(Method 1)

A square wave current with its frequency varied with time within the bandwidth of 20 to 1 MHz is caused to flow through the coil wound around the liquid delivery pipe.

[0023]

Conditions for producing fine particles at this time may be influenced by the product of solubility and concentration of positive and negative ions, number of produced particles - surface area of crystal particles, pH and concentration of liquid, temperature and so on. Further, conditions for electromagnetic treatment may differ dependent on the liquid flow rate, current value and the number of treatments.

[0024]

Energy applied to a liquid in a liquid delivery pipe 1 for water (clean water, aqueous solution, or water suspension) is proportional to a flow rate of the liquid passing through the magnetic field.

[0025]

A polarizing effect of ions of water and salts in water depends upon a thickness of a wall film formed at a pipe wall. If water (clean water, aqueous solution, or water suspension) flows through the liquid delivery pipe 1 at a low rate, the wall film becomes thick and inhibits movement of ions. If water (clean water, aqueous solution, or water suspension) flows at an excessively high rate, the wall film is broken and a polarizing property of the ions is lost. Therefore, under the turbulent condition in the liquid

delivery pipe 1 (at a high flow rate), an effect of producing fine particles is lowered.

[0026]

Therefore, a fine particle production rate depends upon an eddy current (output current). However, it is desirable that the flow rate of water (clean water, aqueous solution, or water suspension) in the liquid delivery pipe 1 is set to be 0.3 – 10m/second.

[0027]

The number of electromagnetic field treatments refers to how many times the water (clean water, aqueous solution, or water suspension) is passed through the region where the eddy current (output current) is applied. By increasing the number of treatments, micro-particulation of produced particles (spherical small particles, or crystals) is promoted. Therefore, larger number of treatments is preferred. Appropriate number of treatments is found considering the trade-off between the desirable degree of micro-particulation and the cost.

[0028]

(Method 2)

A square wave current with its frequency varied with time within the bandwidth of 20 to 1 MHz is caused to flow through the coil wound around a liquid flow path (liquid delivery pipe), and the clean water treated with electromagnetic field (treated water) obtained by passing the water through the water delivery pipe is mixed with a material for producing fine particles, whereby fine particles are produced.

[0029]

The effects of eddy current and magnetic field applied beforehand to the clean water (tap water) are considered to have the following influence on the clean water.

[0030]

Specifically, as the influence of magnetic energy to the water molecules and to fine particles (crystal particles), there is a polarizing effect to the water molecules, which makes the angle formed by H-O-H bond larger than $104^{\circ}27'$ and makes dipole moment larger. This lowers surface tension and increases permeability of water (affinity of water to solid and liquid increases).

[0031]

Further, water molecules are ionized in accordance with the reaction equation below, so that hydration force of positive ion component obtained from the raw material for producing fine particles as the object of processing increases, amount of dissolution of electrolyte increases, and electric conductivity increases. The increase of electric conductivity leads to production of particles, and scales are turned to fine particles and

peeled off from the pipe wall.

[0032]

By the method of applying electromagnetic field in accordance with the present invention, potential at the particle surface (zeta potential) decreases and whereby repellency between particles increases. In addition, repellency at a boundary between the particle and other substance (gas, liquid, or solid body) also increases. Therefore, fine particles tend not to be accumulated on a member that is in contact with water (clean water, aqueous solution or water suspension), or at an interface of water reservoir, such as the contact portion between the reserved liquid surface and the wall surface of the reservoir. As a result, at the interface portion, deposition of scales is prevented and deposited scales can be removed.

[0033]

As will be described later, using Fe-based scale sample, only the electrolytic process was performed. In that sample, though same dispersibility of particles was observed, collectivity increased near the interface portion. In contrast, the treatment in accordance with the present invention is different as dispersibility of particles and repellency near the interface are both observed.

[0034]

Further, in addition to the repellency of fine particles near the interface between any two of solid, liquid and gas phases, the resulting fine particles that come to have spherical shapes tend to prevent deposition of scale component (mainly consisting of solid body), which otherwise easily forms on the wall surface of the device, and tend to facilitate removal of deposited scales.

[0035]

The technique of manufacturing fine particles (including spherical small particles, crystals and the like) in accordance with the present invention is applicable to the technique of preventing scale deposition and of removing deposited scales.

[0036]

It is effective to prevent deposition on the pipe wall or wall surface of various devices of scales formed of inorganic compound as represented by a compound such as calcium, magnesium, silicon, manganese, aluminum, sodium or zinc, or metal oxide such as iron oxide, hydroxide, carbonate, hydrosulfate, phosphate, chloride, sulfide or the like, and it is also effective to remove scales deposited on said wall surfaces.

[0037]

Further, scales formed of said inorganic compound and additionally containing scales of adhesive substance can both be removed by the treatment of the present

invention.

[0038]

Inorganic compound such as calcium component, magnesium component or silicon component or ion component of these contained in water (clean water, aqueous solution or water suspension) results in scales precipitated on pipes of metal such as iron pipe for liquid delivery, or on wall surfaces of devices formed of metal for reserving the clean water, aqueous solution or water suspension used for various and many applications. Further, scales are also produced from iron oxide or the like eluted from the wall surfaces of pipes for liquid delivery or wall surfaces of devices formed of metal for reserving the clean water, aqueous solution or water suspension. The present invention is effective to prevent production of such scales and to remove said scales once such scales are precipitated.

[0039]

The reason for this is that production of fine particles of said inorganic compound (spherical small particle crystals and the like) is promoted by the treatment of the present invention, that the particles being very fine enhance dispersibility of particles, and that, as a result, deposition on the pipe wall or the like becomes less likely.

[0040]

Further, once deposited scales tend to be peeled off easier. The scale once formed on the pipe wall or the like is removed, because hydration force of positive ion components in the scale component increases due to polarization of water molecules, and amount of dissolution of electrolyte increases. Electrolyte ions once dissolved as ions enter recessed portions of rough surface of scales, so that ion concentration locally increases, resulting in re-combination and production of spherical crystals having smaller particle size.

[0041]

Generally, water is capable of maintaining the electromagnetic force for a prescribed time period (about four days) and, therefore, crystallization of small particles takes place even at a portion of liquid delivery pipe after passing the coil (Fig. 1). Therefore, it is effective to place the coil 2 at an upstream side of pipe 1.

[0042]

The methods of the present invention attain the following effects.

1) It is possible to prevent production of scales and to remove scales, without suspending an operation of a line including the delivery pipe of clean water, aqueous solution or water suspension of various devices, or including a reservoir tank of clean

water, aqueous solution or water suspension.

2) The present invention is applicable to any said delivery pipe of any material having the pipe diameter of about 4 to 200 mm that allows winding of the coil. If said reservoir tank has a portion having such a diameter that allows winding of the coil, a coil may be wound and the square wave AC current can be caused to flow in accordance with the present invention. In a reservoir device not having such a structure, it is possible to prevent production of scales and to remove scales by using clean water (tap water) to which the electromagnetic field has been applied beforehand in accordance with the present invention.

[0043]

3) Further, the method of causing square wave AC current in accordance with the present invention can be executed while the device as the object of application is in operation. Therefore, if the liquid delivery pipe is a heat exchanger or a cooling tower, it is possible to prevent degradation of heat transfer efficiency.

4) As a result, cost of maintenance of liquid delivery pipe or liquid reservoir tank such as the cost of cleaning can be reduced, and the period of suspension for maintenance can also be reduced.

[0044]

The crystals as spherical small particles resulting from the treatment in accordance with the present invention lose growth potential as the crystal body, and are deposited as sludge at a portion of low flow rate. As is apparent from the following Stokes' equation, the smaller the particle size, the easier it becomes to drain out and, therefore, simple washing with water may be sufficient.

$$V_t = \{(\rho_p - \rho)D_p^2g\}/18\mu$$

V_t : rate of sedimentation

ρ : rate of liquid

ρ_p : density of solid body

D_p : particle size

μ : viscosity of liquid

[0045]

As described above, using the method of treatment with electromagnetic field in accordance with the present invention, it is possible to prevent precipitation of scales on an inner wall surface of pipes and the like from aqueous solution or water suspension and to remove once precipitated scales, in every industrial or consumer fields of art.

[0046]

[Embodiments of the Invention]

JP H11-151437A

In the following, embodiments of the present invention will be described with reference to the figures. Fig. 1 shows a device for a laboratory test, including a liquid delivery pipe 1 formed of vinyl chloride resin having the diameter of 25 mm and length of 300 mm, and a coil 2 wound around the pipe. A power supply device 3 applies the current having the frequency of 500, 5000 and 2500 Hz, for example, in the bandwidth of 500 to 5000 Hz, to the coil 2 for 2 msec, 0.2 msec and 0.4 msec, respectively. The value of current that is caused to flow through the coil 2 in the following examples was specific current value between 0.05 to 10 A, considering factors such as the diameter of pipe 1 through which the liquid as the object of processing flows. The voltage is generally 100 or 200 V of commercial power supply.

[0047]

Examples in various industrial fields will hereinafter be described.

Example 1

A coil was wound around a pipe (stainless steel SUS316L) for recovering sodium sulfate, with a diameter of 150 mm, in a sulfuric acid manufacturing line in the Kashima North Joint Thermal Power Plant, and fine particles of Na_2SO_4 were manufactured.

[0048]

Here, Na_2SO_4 aqueous solution contained 5.5 wt% of Na_2SO_4 , of which temperature was 60°C, and formed a circulating flow at a flow rate of 10m³/h in said pipe. A current of 0.01 to 1.0 A with its frequency varied with time at random in the range of 500 to 5000 Hz was caused to flow through the coil wound around said pipe. Thus, it follows that the Na_2SO_4 solution in the pipe was repeatedly subjected to the electromagnetic field treatment of the present invention.

[0049]

Fig. 5 is a micrograph of resulting Na_2SO_4 fine particles (magnification of 100X; scale 15μm), and among particles having the diameter of about 100 μm, some smaller particles are observed.

[0050]

Fig. 6 shows a relation between the particle size of resulting Na_2SO_4 fine particles and the current value. With the current value of about 0.5 to 0.6 A, Na_2SO_4 fine particles having the particle size of about 75 μm could be obtained. Na_2SO_4 fine particles having particle size smaller than about 75 μm could not be obtained from Na_2SO_4 solution of the afore-mentioned concentration, even when the current value was further increased.

[0051]

As the Na_2SO_4 fine particles resulted in this manner, scales containing Na_2SO_4 were not deposited on the pipe for recovering sodium sulfate. Further, scales that had been formed on the pipe were peeled off.

[0052]

Example 2

The coil of the present invention was wound around a sludge pipe 11 times. The sludge pipe allows suspension (a concentration of SS components (suspended and floating substances) was 9,000 – 10,000 ppm) having pH of 6.5 – 7.5 and at a temperature of 14 – 16°C to flow therethrough. The suspension was obtained by adding 37 wt% of FeCl_3 and 10 wt% of $\text{Ca}(\text{OH})_2$ to sludge in the pipe, namely, sewage excess sludge in a terminal sewage disposal plant, which had not yet been treated with dchhydrator and contained approximately 88 wt% of organic substances. There were examined properties of fine particles obtained by a treatment under the following conditions, and a state of attachment of scales to the pipe.

Diameter of Pipe: 150 mm

Flow volume: 60 m³/h

Flow Rate 0.94 m/s

Current Value: 0.1 – 0.4 A (when particles having the smallest particle size were manufactured)

Test Term: approximately six months.

[0053]

Fig. 7 shows the relation between the particle size of the obtained Na_2SO_4 fine particles and a current value. At a current value of approximately 0.14 – 0.32 A, sludge particles having a particle size of approximately 35 μm became sludge particles of approximately 10 μm . Even if the current value was made larger, it was not possible to obtain sludge particles having a particle size of less than approximately 10 μm , from the sludge water having the above-described concentration. In actual application, the treatment was conducted at a current value of 0.22 A.

[0054]

Because sludge particles of small size were obtained, scales were not deposited on the pipe. Fig. 8(a) is a micrograph of this example (scale 15 μm), and when compared with the micrograph (Fig. 8(b)) of scales in the pipe of a controlled device not subjected to the treatment of the present invention, it can be seen that the particle size is smaller.

[0055]

Further, scales that had been hardened on the pipe were made softer, so that

removal became easier than before.

[0056]

Example 3

A coil was wound around a cooling water circulation pipe of a water jacket for cooling furnace wall, provided outside a garbage incinerator wall, and the treatment of the present invention was executed.

[0057]

Properties of cooling water and treatment conditions are as follows.

Cooling Water pH: 7-7.3

Temperature: 45°C

Main component concentration (SiO₂): 80 ppm

SS concentration: 12 ppm

Treatment Conditions

Number of treatments: 3 times/h

Pipe (zinc plated steel pipe (SGP)) diameter: 25 mm

Flow volume: 3.0 m³/h

Flow rate: 1.7 m/s

Current value: 0.01 - 1.0 A.

[0058]

Fig. 9 shows the relation between the particle size of resulting SiO₂ fine particles and the current value. At the current value of about 0.60 to about 0.95 A, SiO₂ particles having the particle size of about 200 to about 300 μm before treatment of the present invention were reduced to the particle size of about 20 to about 10 μm. Even if the current value was made larger, it was not possible to obtain sludge particles having a particle size of less than approximately 10 μm, from the sludge water having the above-described concentration. In actual application, the treatment was performed with the current value of 0.76 A.

[0059]

Because SiO₂ particles of small size were obtained, scales were not deposited on the pipe. Fig. 10(a) is a micrograph of this example (scale 15 μm), and when compared with the micrograph (Fig. 10(b)) of scales in the pipe of a controlled device not subjected to the treatment of the present invention, it can be seen that the particle size is smaller. SiO₂ monoclinical crystals existed in the cooling water before the treatment of the present invention were eliminated by the treatment of the present invention, and particle size was made smaller.

[0060]

15

Fig. 13(a) is a micrograph of resulting fine particles (scale 3 μm), and when compared with the micrograph (Fig. 13(b)) of particles contained in the dust collecting water not subjected to the treatment of the present invention, it can be well seen that the particles are made smaller and separated from each other by the treatment of the present invention.

[0065]

Example 6

Cooling water of a boiler condenser in a thermal power plant was subjected to an experiment in accordance with the above-described laboratory test, using the device shown in Fig. 1. Properties of cooling water and treatment conditions are as follows.

[0066]

Cooling Water pH: 8.1

Temperature: 21°C

Main component concentration

(Cl⁻ 17500 ppm, SO₄²⁻ 2700 ppm, total hardness 5500 ppm)

Electrical conductivity: 32500 $\mu\text{S}/\text{cm}$

Treatment Conditions

Number of treatments: 1

Pipe (VP pipe) diameter: 25 mm

Flow volume: 1.1 m³/h

Flow rate: 0.6 m/s

Current value: 0.01 - 1.0 A

[0067]

Fig. 14 shows the relation between the particle size of the obtained fine particles and a current value. At a current value of approximately 0.3 - 0.8 A, untreated fine particles, namely, fine particles mainly consisting of NaCl having the particle size of about 100 μm , which were not subjected to the treatment of the present invention, were made into particles of at most 30 μm . Even if the current value was made larger, it was not possible to obtain the particles having a smaller particle size.

[0068]

Figs. 15(a) and 15(b) are micrographs (scale 15 μm) showing fine particles obtained by the treatment at 0.75 A and 0.36 A, respectively. As compared with the micrograph (Fig. 16) of particles contained in the cooling water not subjected to the treatment of the present invention in which NaCl particle size is about 100 μm , it can be well seen that the particles are made finer.

[0069]

A test was conducted on actual equipment and similar results as the laboratory test were obtained. Scales that had been hardened on the pipe of cooling water for the condenser were made softer, so that removal became easier than before.

[0070]

Example 7

With the use of the device shown in Fig. 1, an experiment was conducted on a supernatant fluid according to the above-described laboratory testing method. The supernatant fluid was obtained by separating a solid object from a water suspension containing gypsum, which water suspension was obtained by allowing sulfur oxide in exhaust gas of a boiler in a thermal power plant to be absorbed by limestone slurry in desulfurization equipment.

[0071]

Properties of the supernatant fluid and treatment conditions are as follows.

Supernatant Liquid

pH: 3.2
Temperature: 24°C
Main component concentration (CaSO₄)
Electrical conductivity: 5800 μ S/cm
SS: 55000 μ m

Treatment Conditions

Number of treatments: 1
Pipe (VP pipe) diameter: 25 mm
Flow volume: 1.1 m³/h
Flow rate: 0.6 m/s
Current value: 0.01 - 1.0 A

[0072]

Fig. 17 shows the relation between the particle size of the obtained fine particles and a current value. At a current value of approximately 0.4 - 0.8 A, untreated fine particles, namely, fine particles that were not subjected to the treatment of the present invention, with a particle size of approximately 400 μ m, were made into particles of at most 10 μ m. Even if the current value was made larger, it was not possible to obtain the particles having a smaller particle size.

[0073]

Fig. 18(a) is a micrograph (scale 7.5 μ m) of fine particles obtained by the treatment at 0.60 A, and when compared with the micrograph (Fig. 18(b)) of particles contained in the clay supernatant liquid not subjected to the treatment of the present

invention having the particle size of about 400 μm , it can be well seen that the particles are made smaller and better dispersed.

[0074]

Fig. 19 includes micrographs of fine particles obtained by treating said supernatant at the output of 0.22 A once and twice. As can be seen from Fig. 19(a), when passed twice, the fine particles are made smaller than when passed once as shown in Fig. 19(b).

[0075]

Example 8

Gypsum scale (394g) deposited on a pipe, resulting from the desulfurization of boiler exhaust gas of the thermal power plant described with reference to Example 7 was separated as a plate, tap water of room temperature (22 - 25°C) that has been subjected to the electromagnetic field treatment of the present invention under the following treatment conditions was circulated and continuously fed to the plate-shaped gypsum scale, and the state of gypsum scale was observed.

Treatment Conditions

Number of treatments (number of circulations): 12 times/h

Pipe (VP pipe) diameter: 10 mm

Circulation flow volume: 4 liters/min

Flow rate: 0.85 m/s

Current value: 0.6 A

[0076]

A poly tank 11 shown in Fig. 20 contains tap water 12 of 20 liters. As described above, from here, water at room temperature is circulated by 4 liters/minute through a pipe (VP) 14 having the diameter of 10 mm using a pump 13, while a square wave current is applied to a coil 16 wound around the pipe 14 from a power supply device 15.

[0077]

As a result, the gypsum scale 17 was reduced by 37g as shown in Fig. 21 and could be removed (in 11 days). When not subjected to the treatment of the present invention, the gypsum scale was increased.

[0078]

The supposed reason is that scale component dissolved in tap water during the treatment of the present invention was re-precipitated.

[0079]

Fig. 22 is a micrograph (scale 15 μm) of the resulting fine particles and it can be

seen that small particles are obtained.

[0080]

Further, 500 milliliters of tap water at room temperature (22 - 25°) subjected to the electromagnetic treatment under the following treatment conditions was added to samples of (1) 0.5g, (2) 1.0g, (3) 2.0g, (4) 3.0g, (5) 4.0g and (6) 5.0g of said plate-shaped gypsum scale, and the size of resulting gypsum fine particles was measured.

Treatment Conditions

Number of treatments: 1 time only

Pipe (VP pipe) diameter: 25 mm

Flow rate: 0.6 m/s

Current value: 0.6 A

Fig. 23 shows the results, and it was found that fine particles were obtained in accordance with the manufacturing method of the invention only when the concentration was at a prescribed value or lower.

[0081]

Further, 500 milliliters of tap water at room temperature subjected to the electromagnetic treatment under the following treatment conditions was added to a sample of 0.5g of said gypsum scale, and the size of gypsum fine particles obtained while varying applied current values was measured.

Treatment Conditions

Number of treatments: 1 time only

Pipe (VP pipe) diameter: 25 mm

Flow rate: 0.6 m/s

Current value: 0.01 - 1.0 A

Fig. 24 shows the results, and it can be seen that current value of about 0.5 - about 1.0 A is appropriate for manufacturing fine particles.

[0082]

Example 9

Washing water (containing Fe sludge) of a dust collector provided in an exhaust gas flow path of a converter was subjected to an experiment in accordance with the above-described laboratory test, using the device shown in Fig. 1.

[0083]

Properties of washing water (dust collecting water) and treatment conditions are as follows.

Dust Collecting Water pH: 7.25

Temperature: 22°C

JP H11-151437A

Main component: Fe powder
 SS concentration: 15000 ppm
 Electric conductivity: 253 $\mu\text{S}/\text{cm}$
 Treatment Conditions Number of treatments: 1
 Pipe (vinyl chloride resin (VP)) diameter: 26 mm
 Flow volume: 1.1 m^3/h
 Flow rate: 0.05 - 0.6 m/s
 Current value: 0.01 - 1.0 A

[0084]

In order to vary the SS concentration to 15000, 7500, 5000 and 2500 ppm, tap water was added to adjust concentration, and the electromagnetic treatment was conducted under the treatment conditions above. Fig. 25 shows the relation between the particle size of resulting fine particles and SS concentration. It was found that fine particles could be obtained only when SS concentration was diluted to about 2500 ppm. Fig. 26 includes micrographs (scale 7.5 μm), and the resulting fine particles are as shown in Fig. 26(a). As compared with the micrograph (Fig. 26(b)) of particles contained in the dust collecting water not subjected to the treatment of the present invention, it can be seen that particles are made smaller.

[0085]

Further, Fig. 27 shows a relation between the particle size and the current value. At a current value of approximately 0.2 - 1.0 A, untreated fine particles, namely, fine particles that were not subjected to the treatment of the present invention, with a particle size of approximately 50 μm , were made into particles of about 1.0 μm .

[0086]

As to the particle size when the flow rate was varied, it can be seen from Fig. 28 that fine particles could be obtained only when the flow rate was set to 0.4 m/s or higher.

[0087]

Sustention (duration) of the effects of electromagnetic treatment in accordance with the present invention was studied, of which results will be described. Properties of the washing water (dust collecting water) and treatment conditions are as follows.

Dust Collecting Water pH: 7.25
 Temperature: 22°C
 Main component: Fe powder
 SS concentration: 2500 ppm
 Electric conductivity: 253 $\mu\text{S}/\text{cm}$
 Treatment Conditions Number of treatments: 1

JP H11-151437A

Pipe (vinyl chloride resin (VP)) diameter: 25 mm

Flow volume: 1.1 m³/h

Flow rate: 0.6 m/s

Current value: 0.40A

[0088]

Fig. 29 shows change with time of particle size when fine particles are flocculated. While particle size of SS not subjected to the treatment of the present invention was kept unchanged, those subjected to the treatment of the present invention having the particle size of 10 μ m had dispersing property at first, and as the number of days after treatment increased, floc size increased.

[0089]

This indicates that if said SS component had been deposited as scales on the pipe, it turned to fine particles after the treatment in accordance with the present invention, peeled off from the wall surface of the pipe to be in a dispersed state, and then settled and separated as flocs, whereby removal from the pipe becomes easier.

[0090]

It can be seen from Fig. 30(a) that concentration of fine particles is diluted near the interface (near the surface of washing water at the wall surface of the device, that is, near the boundary of each of gas, liquid and solid body) of the washing water (dust collecting water) subjected to the electromagnetic treatment of the present invention, when compared with Fig. 30(b), which is a photograph showing dispersion of particles near said interface in the washing water (dust collecting water) not subjected to the electromagnetic treatment of the present invention. Supposed reason for this is that repellency of fine particles was increased by the electromagnetic treatment of the present invention, near the boundary of solid body and at the boundary of gas.

[0091]

In order to confirm the effect of Example 9, Comparative Experiment 1 was conducted in the following manner.

Comparative Example 1

Using 500 ml of Fe-based scale sample obtained by Example 9, the following electrolytic process was conducted.

[0092]

Referring to Fig. 32, electrolytic process was conducted for 5 minutes using a voltage of 18 V and DC current of 0.76 A between a cathode and an anode, and liquid at a reduced atmosphere portion was taken and observed by micrograph. As shown in Fig. 33, though part of the particles exhibited dispersing property, particles near the

interface had agglomerating property (collectivity). Therefore, it is considered that the function of the electrolytic process is different from that of the electromagnetic treatment of the present invention.

[0093]

Example 10

To 0.5g of silica scale formed-deposited on a pipe of circulating silica mother liquid in silica manufacturing, 500 ml of tap water (22 - 25°C) subjected to the electromagnetic treatment of the present invention was added (1000 ppm), and laboratory test shown in Fig. 1 was conducted, for microparticulating silica scale.

Treatment Conditions Number of treatments: 1

Pipe (VR pipe) diameter: 25 mm

Flow rate: 0.6 m/s

Current value: 0.01 - 1.0 A

[0094]

Fig. 31 shows the relation between the particle size of the obtained SiO₂ fine particles and the current value. At a current value of approximately 0.4 - 0.90 A, untreated fine particles, namely, fine particles of SiO₂ having the particle size of about 100 μm, which were not subjected to the treatment of the present invention, were made into particles of about 10 μm.

[0095]

[Effects of the Invention]

According to the present invention, fine particles can be manufactured and at the same time, if raw material for producing the fine particles is deposited on a wall surface, separation therefrom is made easier.

[0096]

Further, by the treatment of the present invention, it becomes possible to prevent deposition of scales on the wall surface. Therefore, life of equipment such as pipes can be made longer and, in addition, maintenance including scale removal becomes unnecessary or is reduced. Thus, significant cost reduction can be attained.

[Brief Description of the Drawings]

Fig. 1 is an illustration showing a laboratory test device in accordance with the present invention.

Fig. 2 shows electric field and magnetic field models in accordance with the present invention.

Fig. 3 shows a relation between the electric conductivity ratio of liquid and time, when the electromagnetic field of the present invention is applied.

Fig. 4 shows bond models of crystallized particles from the liquid to which the electromagnetic field of the present invention was applied.

Fig. 5 is a micrograph (substituted for a drawing) of fine particles obtained by the treatment in accordance with Example 1 of the present invention.

Fig. 6 shows a relation between particle size of fine particles obtained by the treatment in accordance with Example 1 of the present invention and the current value.

Fig. 7 shows a relation between particle size of fine particles obtained by the treatment in accordance with Example 2 of the present invention and the current value.

Fig. 8 includes micrographs (substituted for drawings) of fine particles subjected to and not subjected to the treatment of Example 2 of the present invention.

Fig. 9 shows a relation between particle size of fine particles obtained by the treatment in accordance with Example 3 of the present invention and the current value.

Fig. 10 includes micrographs (substituted for drawings) of fine particles subjected to and not subjected to the treatment of Example 3 of the present invention.

Fig. 12 shows a relation between particle size of fine particles obtained by the treatment in accordance with Example 5 of the present invention and the current value.

Fig. 13 includes micrographs (substituted for drawings) of fine particles subjected to and not subjected to the treatment of Example 5 of the present invention.

Fig. 14 shows a relation between particle size of fine particles obtained by the treatment in accordance with Example 6 of the present invention and the current value.

Fig. 15 is a micrograph (substituted for a drawing) of fine particles obtained by the treatment in accordance with Example 6 of the present invention.

Fig. 16 is a micrograph (substituted for a drawing) of fine particles not treated in accordance with Example 6 of the present invention.

Fig. 17 shows a relation between particle size of fine particles obtained by the treatment in accordance with Example 7 of the present invention and the current value.

Fig. 18 includes micrographs (substituted for drawings) of fine particles subjected to and not subjected to the treatment of Example 7 of the present invention.

Fig. 19 includes micrographs (substituted for drawings) of fine particles subjected to the treatment of Example 7 once and twice.

Fig. 20 shows a device for manufacturing fine particles (removing scales) using the water subjected beforehand to electromagnetic field treatment in accordance with Example 8 of the present invention.

Fig. 21 shows a relation between the particle size and the number of days for treatment when fine particles are manufactured (scales are removed) using the water subjected beforehand to electromagnetic field treatment in accordance with Example 8

of the present invention.

Fig. 22 is a micrograph (substituted for a drawing) of fine particles obtained by the treatment in accordance with Example 8 of the present invention.

Fig. 23 shows a relation between scale concentration and particle size after treatment, when scales are processed by using the water subjected beforehand to electromagnetic field treatment in accordance with Example 8 of the present invention.

Fig. 24 shows a relation between particle size of fine particles obtained by the treatment in accordance with Example 8 of the present invention and the current value.

Fig. 25 shows a relation between particle size of fine particles in accordance with Example 9 of the present invention and SS concentration.

Fig. 26 includes micrographs (substituted for drawings) of fine particles subjected to and not subjected to the treatment of Example 9 of the present invention.

Fig. 27 shows a relation between particle size of fine particles obtained by the treatment in accordance with Example 9 of the present invention and the current value.

Fig. 28 shows a relation between particle size of fine particles obtained by the treatment in accordance with Example 9 of the present invention and the flow rate.

Fig. 29 shows tendency of flocculation of fine particles subjected to the treatment of Example 9 in accordance with the present invention, in comparison with untreated fine particles.

Fig. 26 includes micrographs (substituted for drawings) of fine particles subjected to and not subjected to the treatment of Example 9 of the present invention.

Fig. 31 shows a relation between particle size of fine particles obtained by the treatment in accordance with Example 10 of the present invention and the current value.

Fig. 32 shows a device for electrolytic process of a liquid containing Fe scale.

Fig. 33 is a micrograph (substituted for a drawing) of fine particles obtained by the electrolytic process of the liquid containing Fe scale.

[Description of Reference Characters]

- 1 liquid delivery pipe
- 2 coil
- 3 power supply device
- 11 poly tank
- 12 tap water
- 13 pump
- 14 pipe
- 15 power supply device

JP H11-151437A

- 16 coil
- 17 gypsum scale

Fig. 1
【図1】

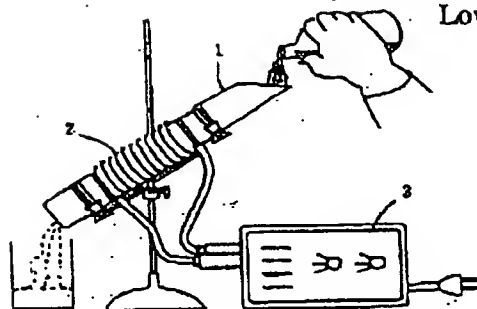
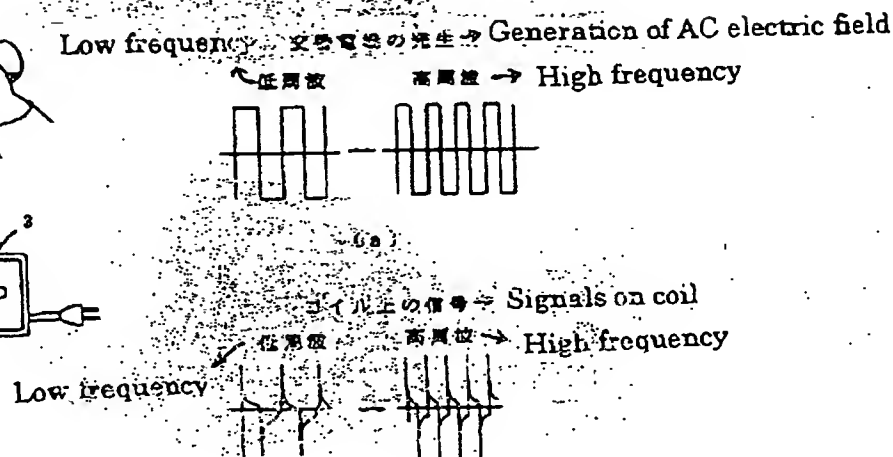


Fig. 2
【図2】



(b)

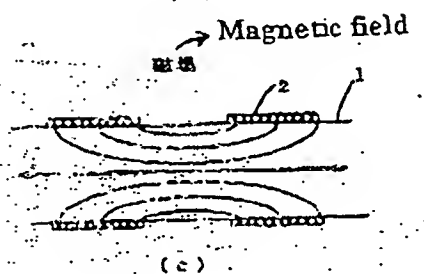


Fig. 3
【図3】

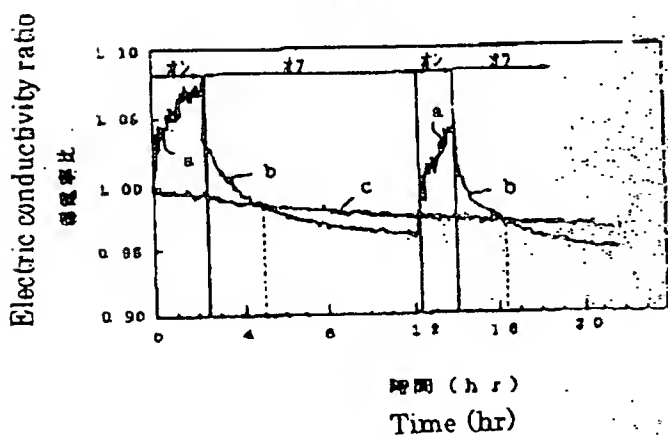
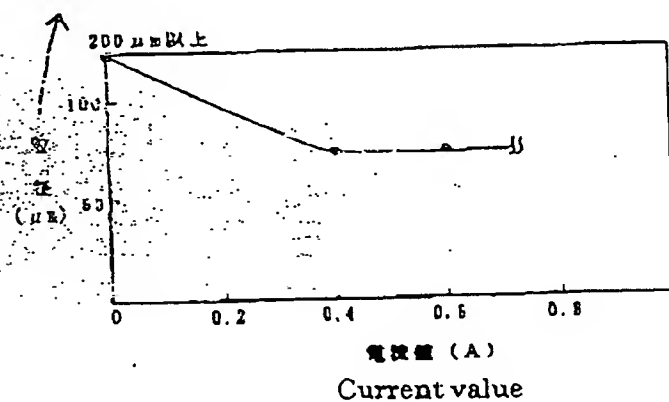


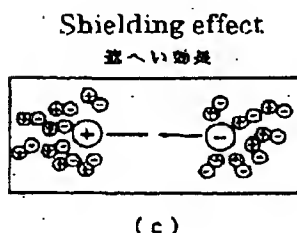
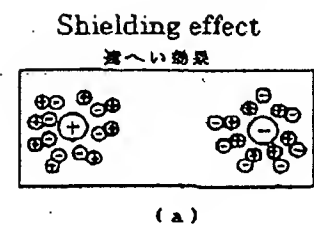
Fig. 6
【図6】

Particle size



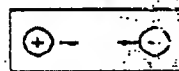
JP H11-151437

Fig. 4
【図4】



Kinetic energy
運動エネルギー

低速 → Low speed



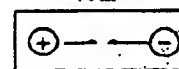
非効果的衝突 → Ineffective collision



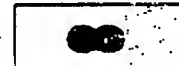
(b)

運動エネルギー

高速 → High speed



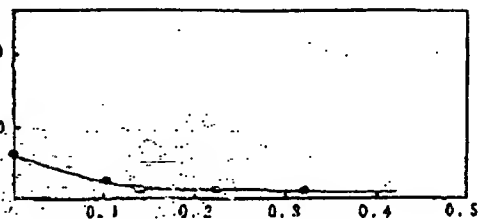
効果的衝突 → Effective collision



(d)

Particle size

粒子径 (μm)

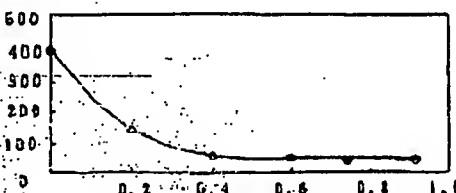


電流値 (A)
Current value

Fig. 24
【図24】

Particle size

粒子径 (μm)



電流値 (A)
Current value

Fig. 5
【図5】



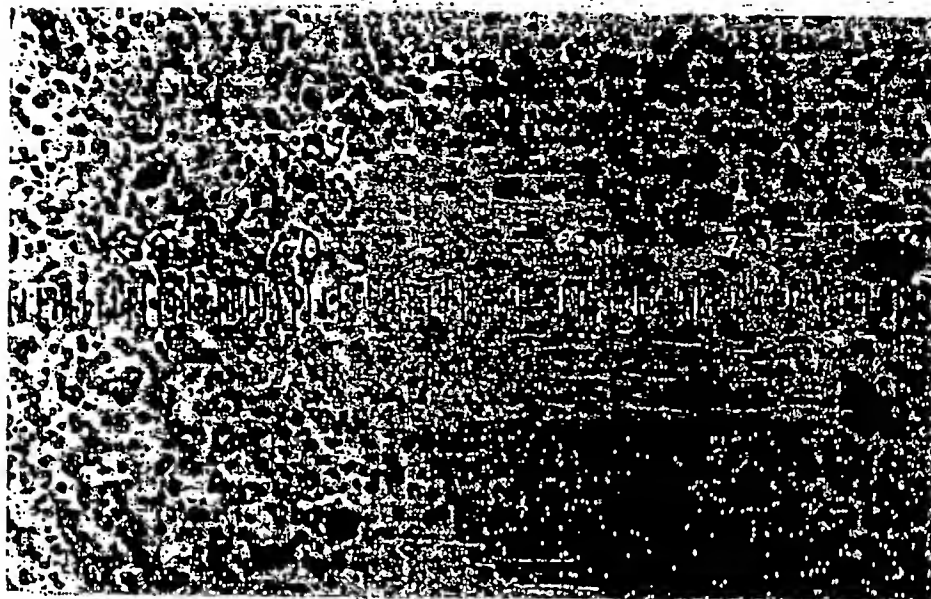
図面代用写真 (カラー)

JPH 11-151437

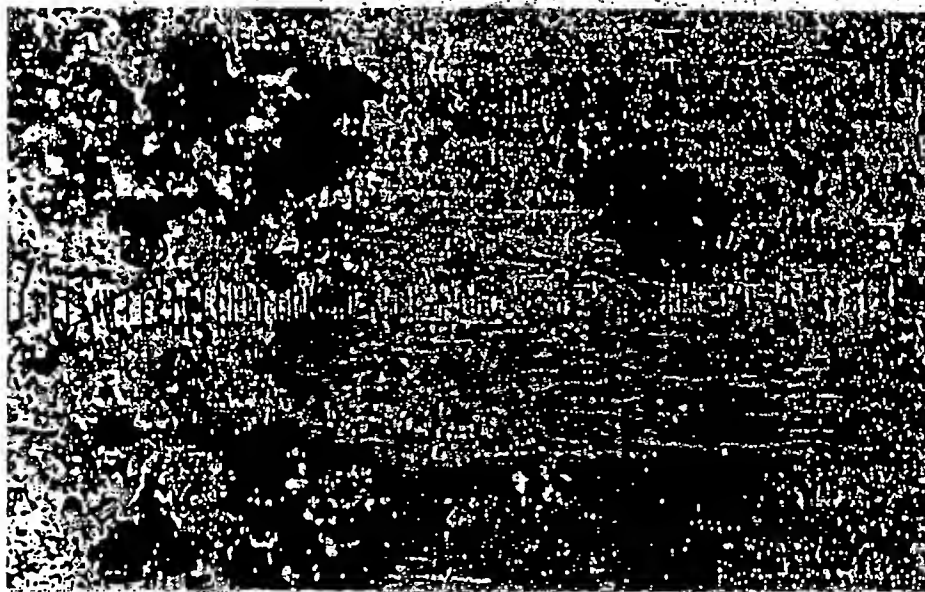
FIG. 2

【図2】

断面代用写真



(a)



(b)

JP H11-151437

Fig. 9
【図9】

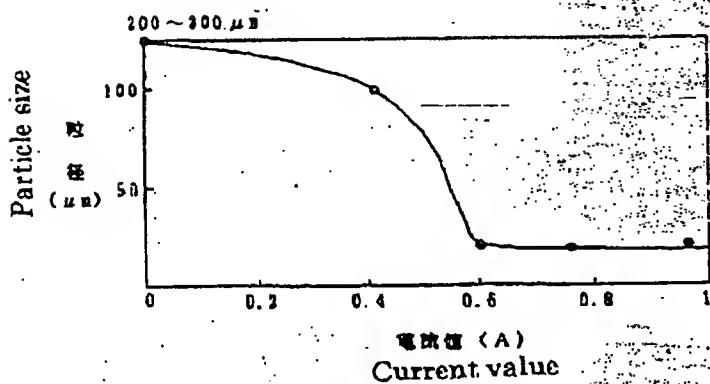


Fig. 14
【図14】

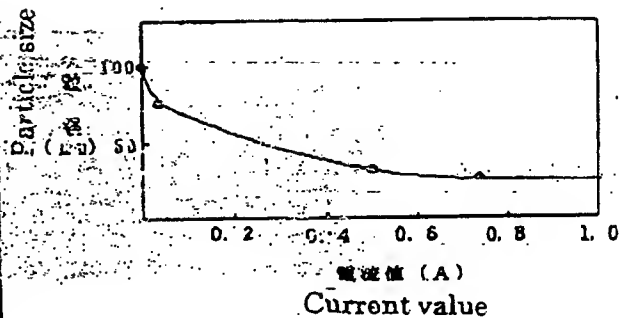


Fig. 12
【図12】

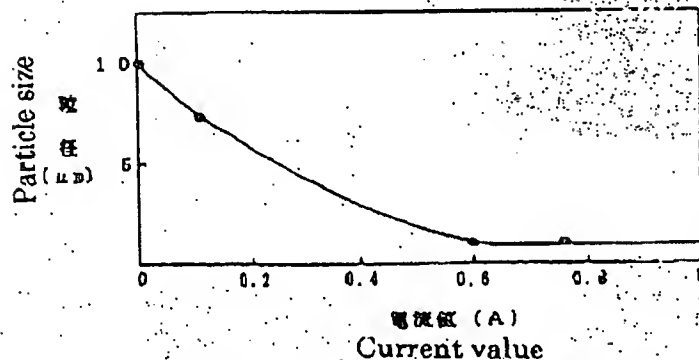


Fig. 21
【図21】

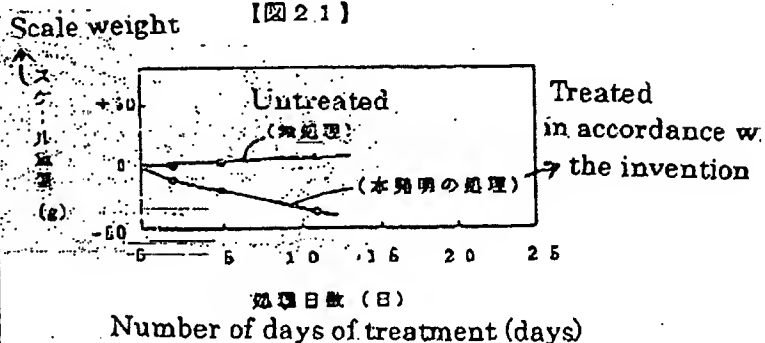


Fig. 16
【図16】



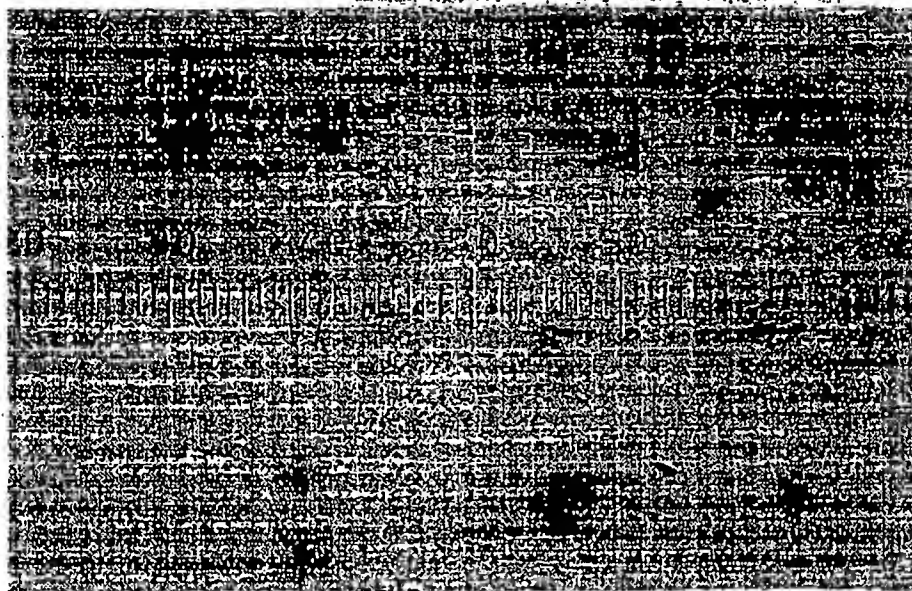
断面代用写真 (カラー)

JP H11-151437

Fig. 10

(図10)

図面代用写真(カラー)



(a)



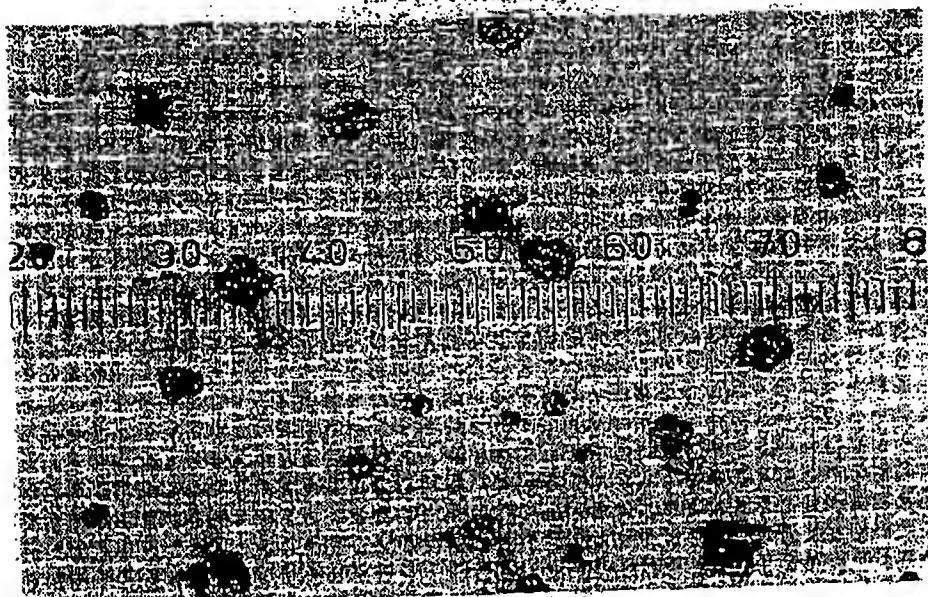
(b)

JPH11-151437

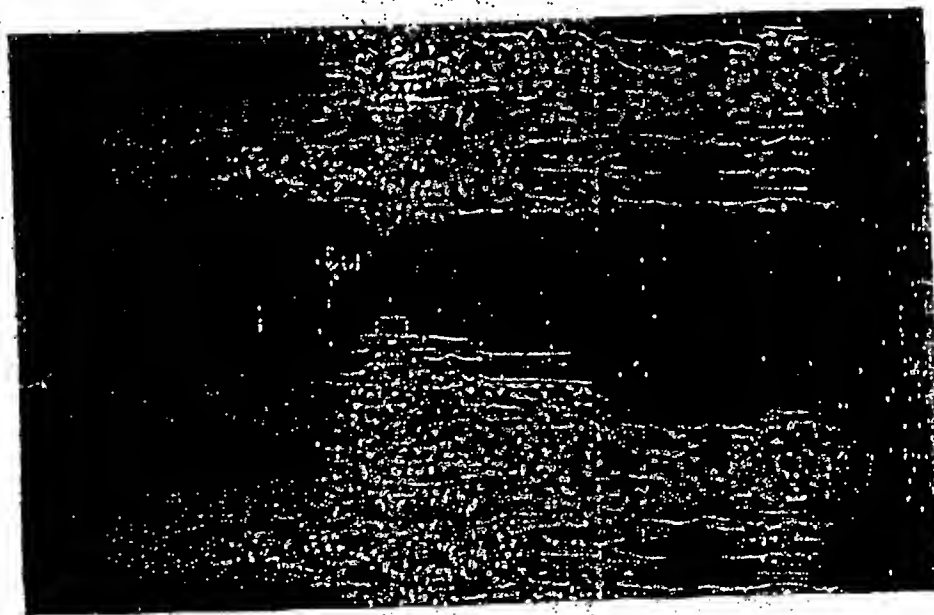
Fig. 11

[図11]

図11 (カラー)



(a)



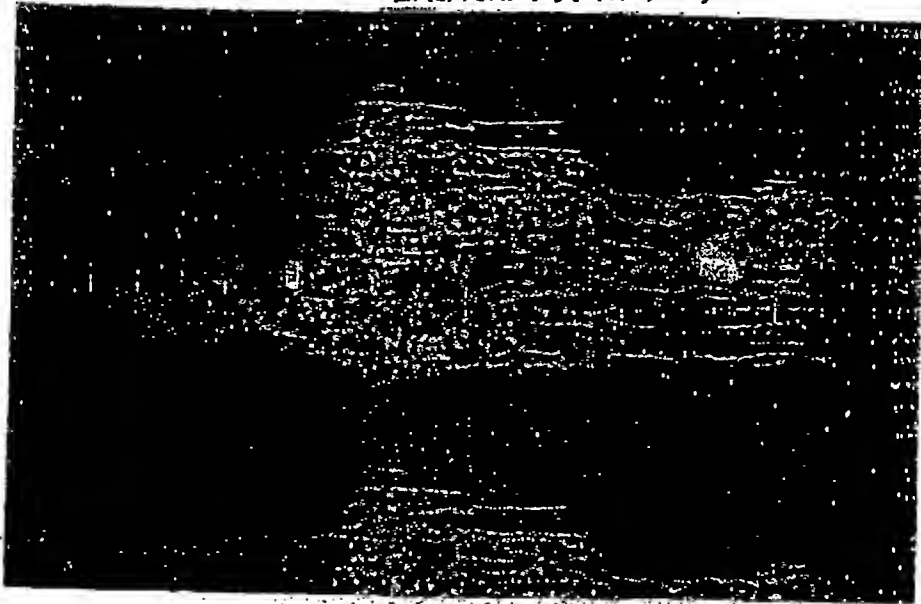
(b)

JP H11-151437

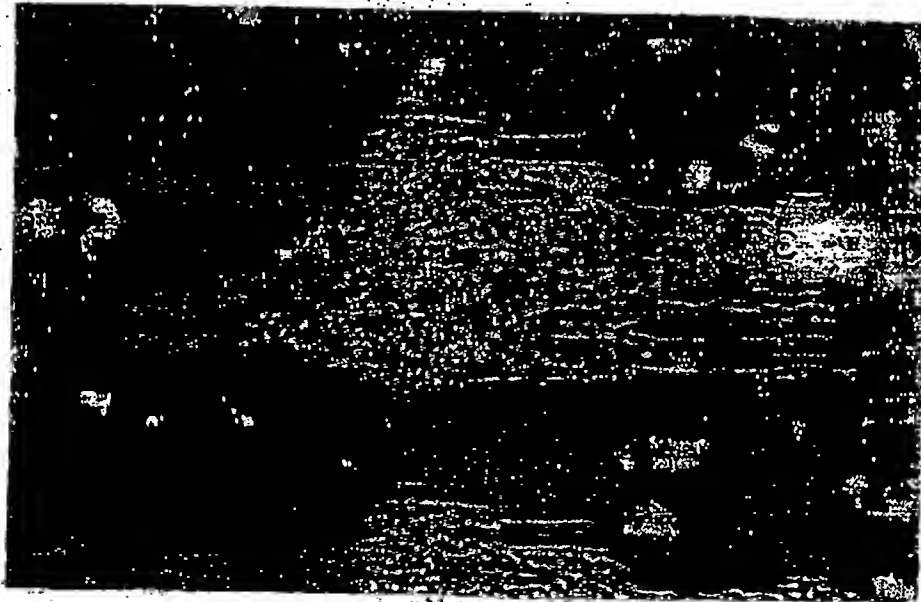
Fig. 13.

[図13]

図面代用写真(カラー)



(a)



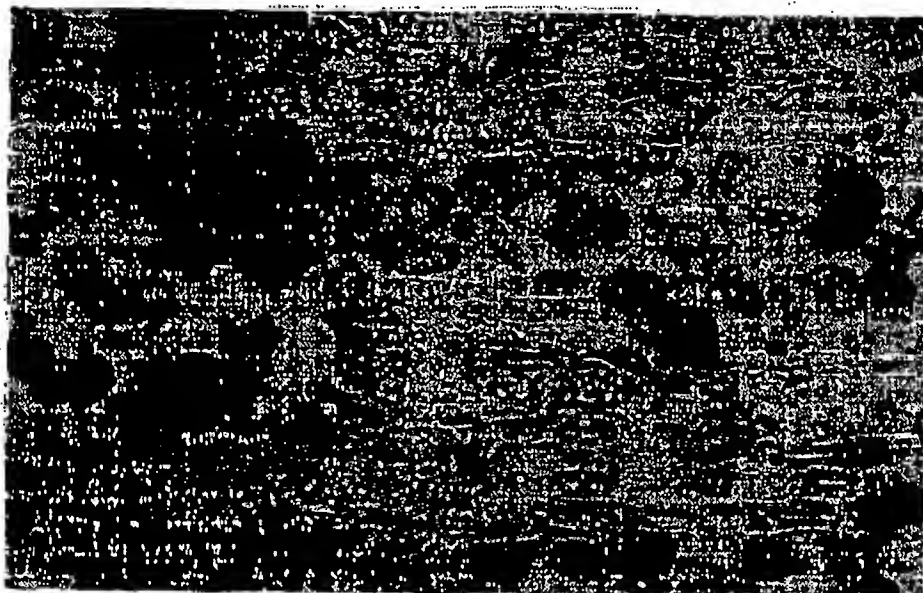
(b)

JP 11-151437

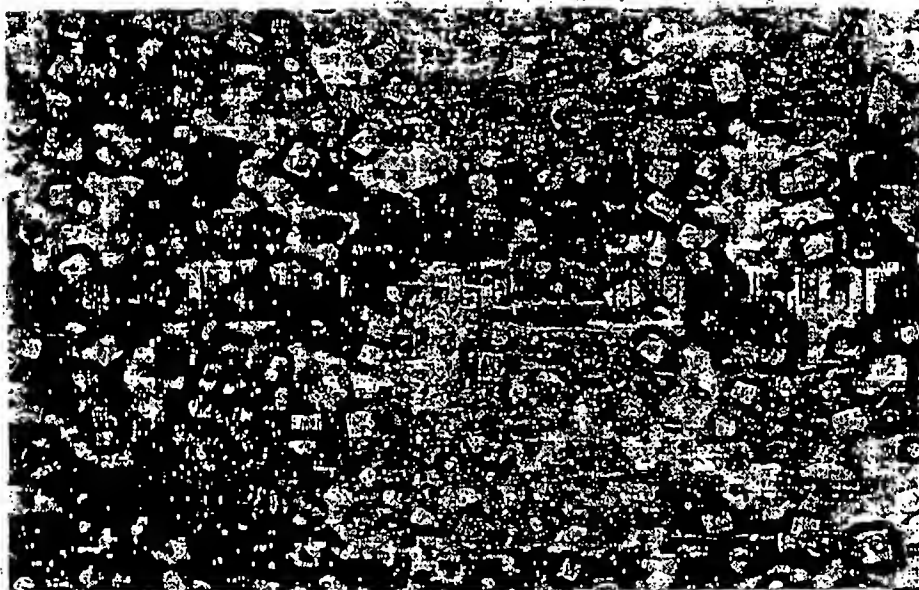
Fig. 15

【図15】

図面代用写真(カラー)

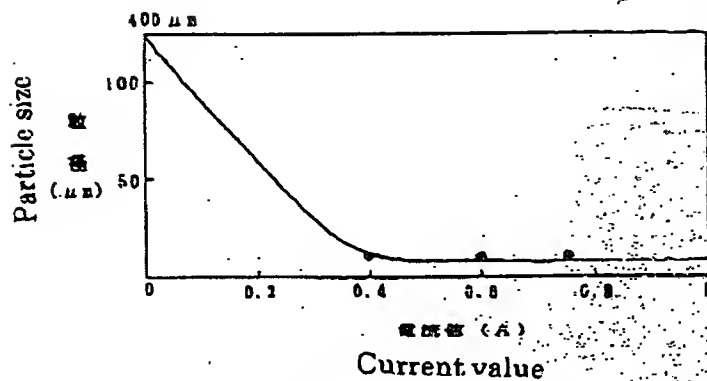


(a)

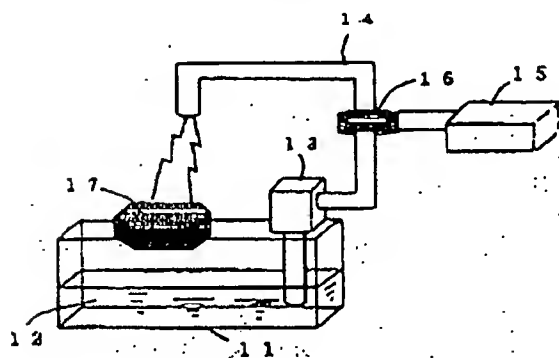
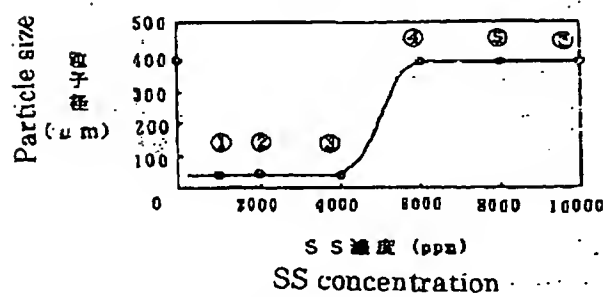
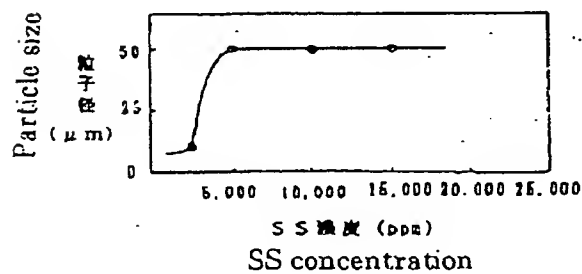


(b)

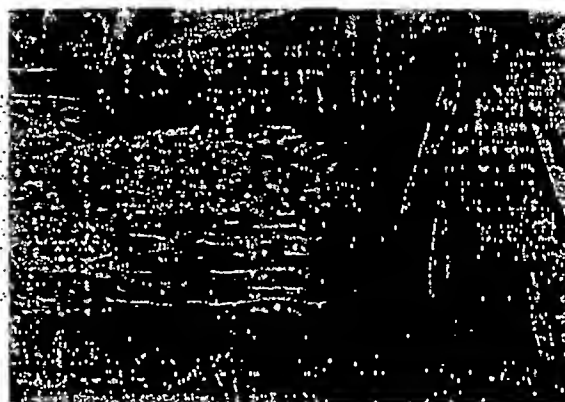
JP H11-151437

Fig. 17
[図 17]Fig. 19
[図 19]

図面代用写真(カラー)

Fig. 20
[図 20]Fig. 23
[図 23]Fig. 25
[図 25]

(b)

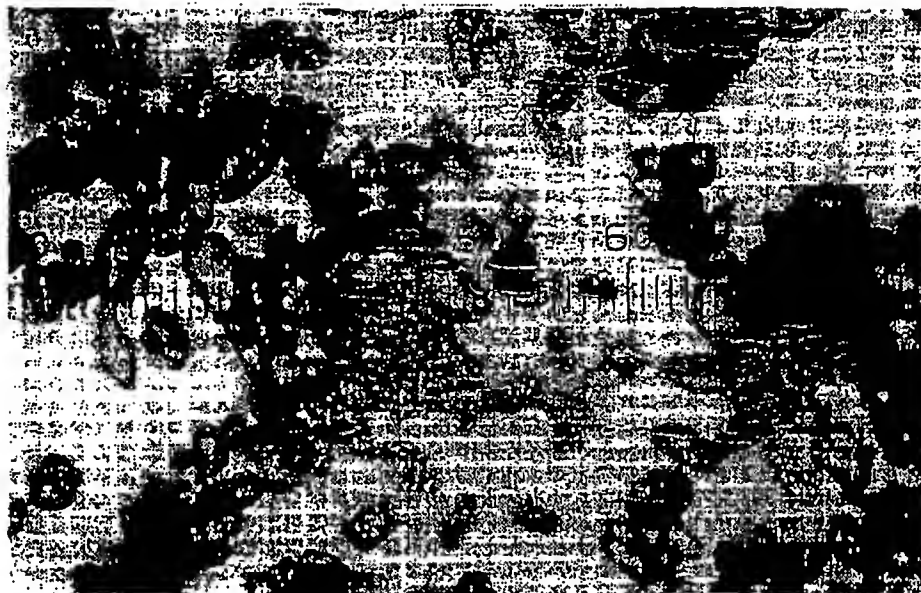


JP H11-151437

Fig. 18

[図18]

図面代用写真(カラー)



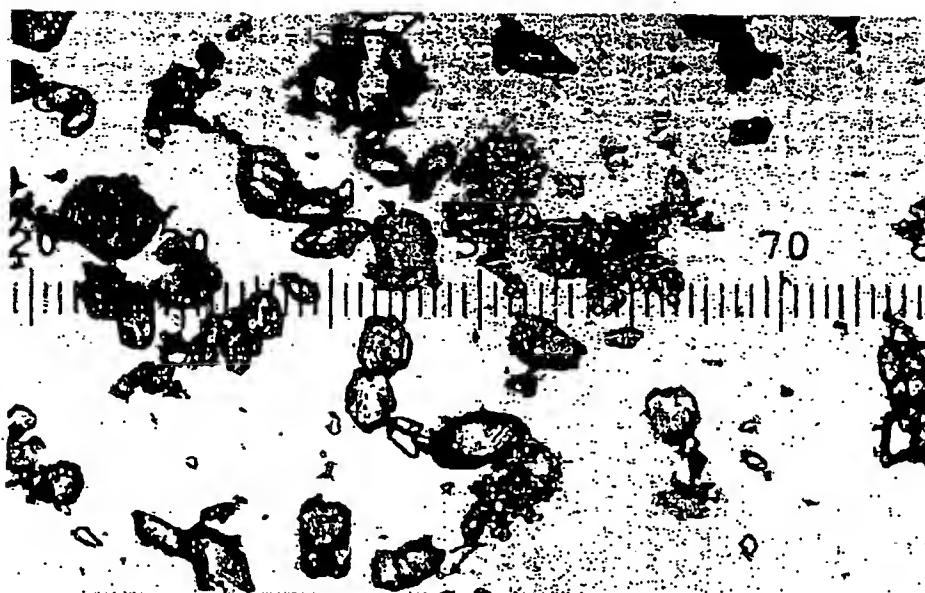
(a)



(b)

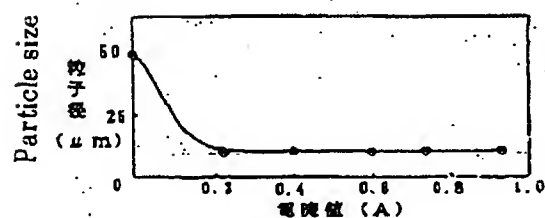
JP H11-151437

Fig. 22
【図22】



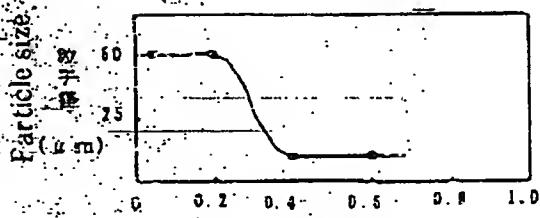
図面代理写真

Fig. 27
【図27】



Current value

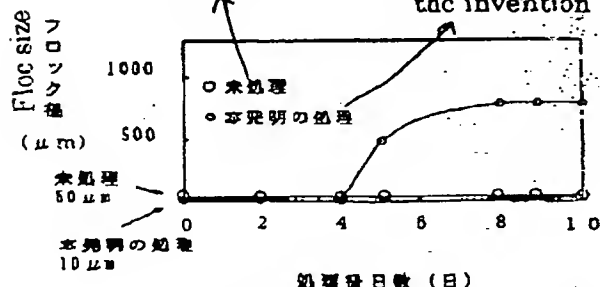
Fig. 28
【図28】



Flow rate

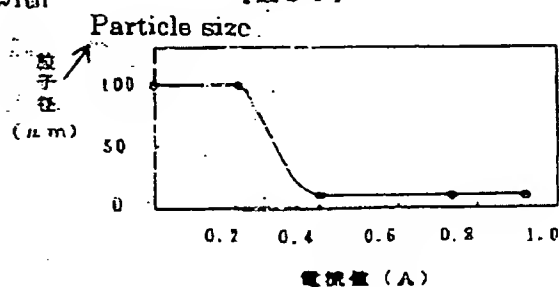
Fig. 29

Untreated 【図29】 Treated in accordance with the invention



Number of days after treatment

Fig. 31
【図31】

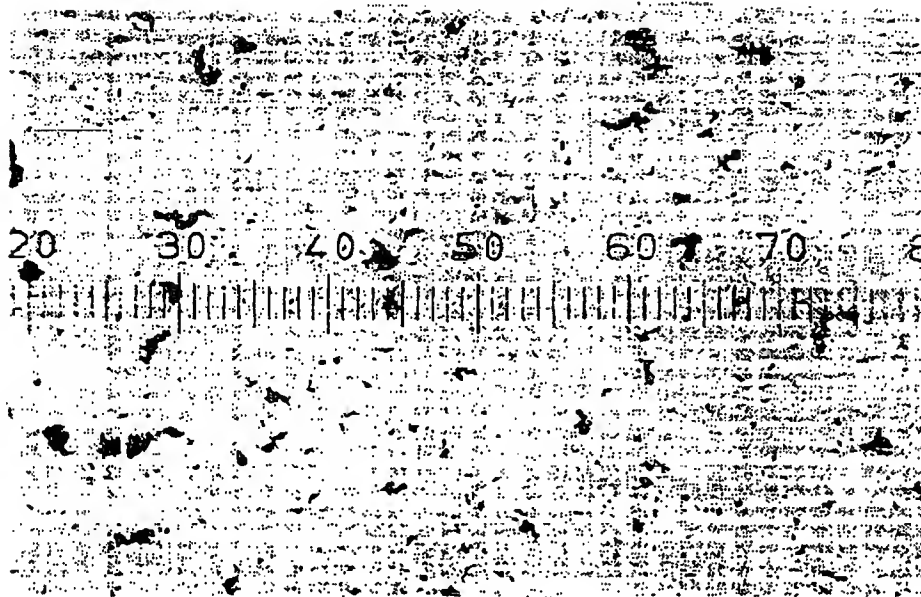


Current value

JP H11-151437

Fig. 26
[図26]

図面代用写真(カラー)



(a)



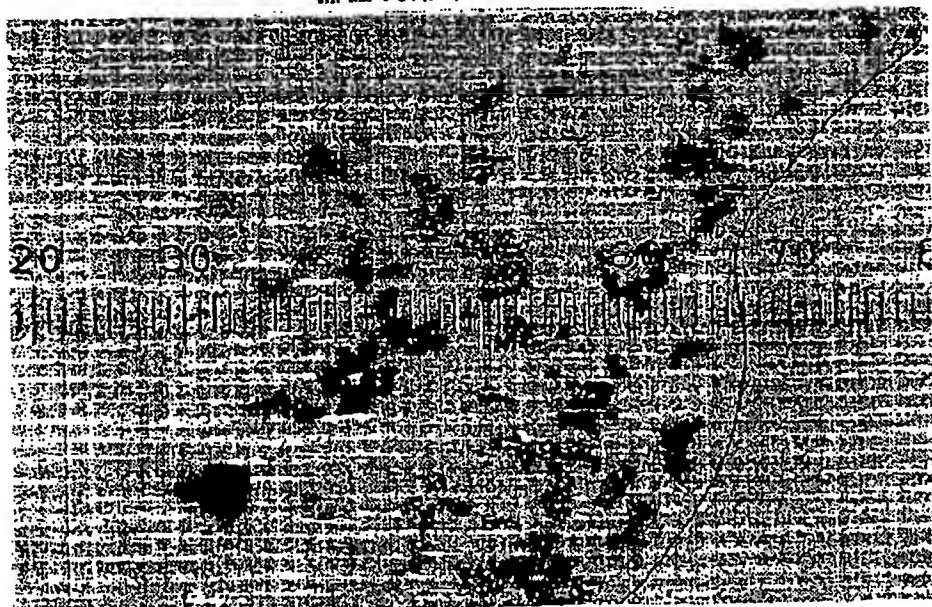
(b)

JP H11-151437

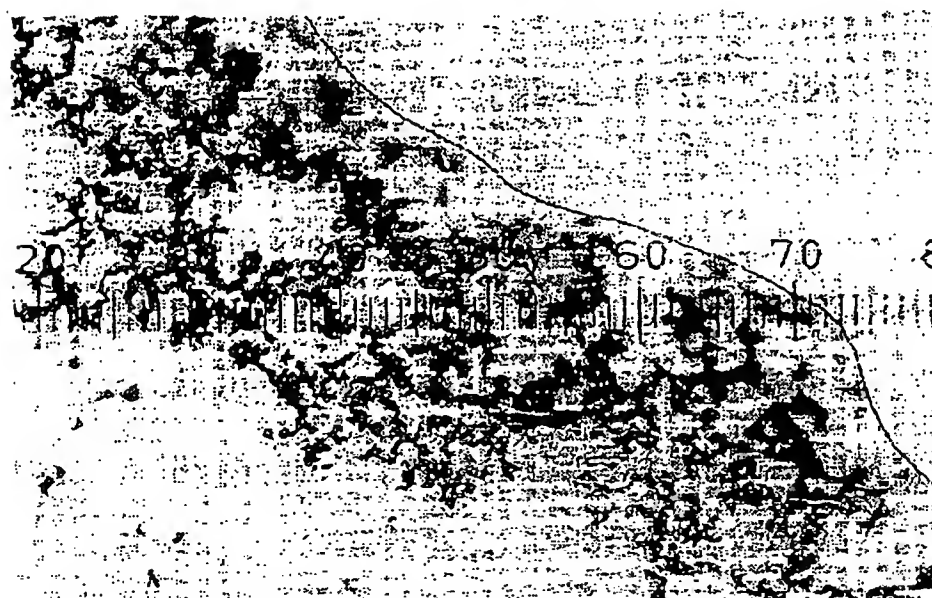
Fig. 30

【図30】

図面代用写真(カラー)



(a)

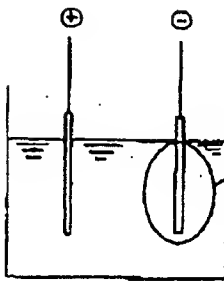


(b)

JP H11-151437

Fig. 32

[図32]



還元雰囲気部より採取
Taken from reducing atmosphere portion

Fig. 33

[図33]

図面代用写真(カラー)

